

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ПРОФЕСІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ

## **ТЕХНОЛОГІЯ ВЕРСТАТНИХ РОБІТ**

(для учнів професійно-технічних навчальних закладів машинобудівного  
профілю)

Навчальний посібник

Київ-2015

УДК 377.3:621.9  
ББК 74.56  
Т 38

*Рекомендовано до друку  
Вченою радою Інституту професійно-технічної освіти НАПН України  
(протокол № 3 від 19.03.2015 р.)*

**Рецензенти:**

**Семеріков С. О.**, доктор педагогічних наук, проф., зав. кафедри фундаментальних і соціально-гуманітарних дисциплін, Криворізький металургійний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет»;

**Романова Г. М.**, доктор педагогічних наук, проф., Інститут профтехосвіти НАПН України;

**Єрашева Л. С.**, викладач спецтехнології верстатників широкого профілю, Криворізький центр професійної освіти металургії та машинобудування

**Т 38** Технологія верстатних робіт: навч. пос. для проф.-техн. навч. закладів / М. А. Вайнтрауб, В. Й. Засельський, Д. В. Пополов, за наук. ред. М. А. Вайнтрауба. – К. : 2015. – 199с.

Навчальний посібник призначений для учнів професійно-технічних навчальних закладів машинобудівного профілю. У посібнику розглядаються основні правила безпеки під час організації робіт на металорізальних верстатах, основні поняття з технічної механіки, відомості про слюсарну обробку, токарну справу, металообробні верстати, технологічні процеси токарної обробки деталей. В окремих розділах посібника наведені довідкові відомості, необхідні кваліфікованим робітникам в умовах роботи на невеликих підприємствах.

Даний навчальний посібник є одним із серії посібників, що будуть висвітлювати комплекс питань щодо основних відомостей про технологічний процес токарної обробки деталей, приводи металообробних верстатів, їх експлуатацію, ремонт та налагодження, основні відомості зі стандартизації й організації контролю якості готової продукції.

Навчальний посібник може бути використаний у підготовці за професією «Верстатник широкого профілю, оператор верстатів з ПК» у професійно-технічних навчальних закладах, а також під час підготовки студентів вищих навчальних закладів за напрямками «Машинобудування» та «Інженерна механіка», у процесі вивчення дисциплін «Технологія верстатних робіт», «Металообробні верстати».

Розраховано на наукових, інженерно-технічних, педагогічних працівників, учнів професійно-технічних навчальних закладів.

**УДК 377.3:621.9**

**ББК 74.56**

© Інститут ПТО НАПН України, 2015

## ЗМІСТ

<b>Перелік умовних скорочень.....</b>	<b>6</b>
<b>Передмова.....</b>	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ.....</b>	<b>9</b>
1.1. Охорона та безпека праці, електробезпека, пожежна безпека.....	9
1.2. Безпека праці під час виконання робіт на металорізальних верстатах..	14
1.3. Гігієна праці, виробнича санітарія, профілактика травматизму.....	17
1.4. Атестація робочих місць за умовами праці.....	17
Контрольні запитання.....	21
<b>РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ТЕОРІЇ РІЗАННЯ МЕТАЛІВ .....</b>	<b>22</b>
2.1. Токарна обробка.....	22
2.2. Фізичні явища, що супроводжують процес різання.....	23
2.3. Мастильно-охолоджувальна рідина та підведення її в зону різання.....	24
2.4. Теплота різання, спрацювання і стійкість різця.....	25
2.5. Швидкість різання.....	28
Практичне завдання.....	30
2.7. Сили, що діють на різець. Потужність різання. Момент різання.....	34
2.8. Вібрації у процесі точіння та способи їх зменшення.....	37
2.9. Електрофізична модель абстрактного верстата.....	37
Контрольні запитання .....	45
<b>РОЗДІЛ 3. ВІДОМОСТІ ПРО СЛЮСАРНУ ОБРОБКУ.....</b>	<b>47</b>
3.1. Польова структура різального інструмента і деталі.....	47
3.2. Види слюсарних робіт.....	51
3.3. Вимірювальний інструмент.....	73
3.3.1. Універсальний вимірювальний інструмент.....	73
Контрольні запитання .....	78
<b>РОЗДІЛ 4. ВІДОМОСТІ ПРО ТОКАРНУ РОБОТУ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ.....</b>	<b>79</b>
4.1. Основні відомості про токарну обробку.....	79
4.1.1. Суть токарної обробки.....	79
4.1.2. Токарний верстат та організація робочого місця.....	80
4.1.3. Металооброблювальні верстати для токарної обробки .....	83
4.1.4. Інструментальні матеріали.....	85
4.1.5. Токарні різці.....	89
4.1.6. Заточування різців.....	92
4.1.7. Режими різання під час точіння.....	94
4.2. Обробка заготовок типових деталей із зовнішніми циліндричними та торцевими поверхнями.....	97

4.2.1.	Вимоги до деталей із зовнішніми циліндричними поверхнями.....	97
4.2.2.	Контроль лінійних розмірів зовнішніх діаметрів циліндричних деталей.....	98
4.2.3.	Закріплення заготовок у патронах.....	103
4.2.4.	Закріплення заготовок у центрах.....	108
4.2.5.	Обточування зовнішніх поверхонь і підрізування торців.....	113
4.2.6.	Проточування зовнішніх канавок та їх відрізування.....	117
4.2.7.	Обробка заготовок валів.....	121
4.2.8.	Неполадки, що виникають під час обробки заготовок деталей із зовнішніми циліндричними і торцевими поверхнями, та способи їх усунення.....	127
4.3.	Обробка заготовок деталей із внутрішніми циліндричними поверхнями (отворами).....	131
4.3.1.	Деталі з отворами. Контроль циліндричних отворів.....	131
4.3.2.	Свердла.....	134
4.3.3.	Процес свердління.....	137
4.3.4.	Неполадки, що виникають у процесі свердління, та способи їх усунення.....	141
4.3.5.	Розточування отворів.....	142
4.3.6.	Зенкерування .....	148
4.3.7.	Процес центрування.....	149
4.3.8.	Неполадки, що виникають під час центрування торців заготовок валів, та способи їх усунення.....	150
4.3.9.	Розвертування отворів.....	151
4.3.10.	Неполадки, що виникають у процесі розверстування отворів на токарному верстаті, та способи їх усунення.....	155
4.4.	Нарізування різьб плашками і мітчиками.....	156
4.4.1.	Різьба та її види.....	156
4.4.2.	Контроль різьби.....	159
	Практичне завдання.....	160
4.4.3.	Нарізування зовнішньої різьби плашками.....	161
4.5.	Обробка конічних поверхонь.....	163
4.5.1.	Конічні поверхні та їх контроль.....	163
4.5.2.	Обробка конічних поверхонь широким різцем за повернутої верхньої частини супорта.....	166
4.5.3.	Обробка конічних поверхонь способом поперечного зміщення заднього центру.....	167
	Практичне завдання.....	170
4.5.4.	Обробка конічних поверхонь за допомогою копіювальної	

(конусної) лінійки та спеціальних пристроїв.....	171
4.6. Обробка фасонних поверхонь.....	172
4.6.1. Фасонні поверхні та їх контроль.....	172
4.6.2. Обробка фасонних поверхонь фасонними різцями.....	172
4.6.3. Оброблення фасонних поверхонь поєднанням двох подач і за копіром.....	174
4.7. Фінішна (оздоблювальна) обробка поверхонь.....	175
4.7.1. Шорсткість обробленої поверхні.....	175
4.7.2. Тонке точіння.....	178
4.7.3. Фінішна обробка поверхонь.....	179
4.7.4. Зміцнення поверхні деталі.....	181
4.7.5. Неполадки, що виникають під час обробки поверхонь методом пластичного деформування, та способи їх усунення.....	182
4.7.6. Накатування рифлів та декоративних візерунків.....	183
4.7.7. Неполадки, що виникають у процесі накатування рифлів роликами, та способи їх усунення.....	184
Контрольні запитання.....	185
<b>Післямова.....</b>	<b>188</b>
<b>Глосарій.....</b>	<b>190</b>
<b>Список використаної літератури .....</b>	<b>198</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АКШ	автоматична коробка швидкостей
АНБ	активна нульова база
БВ	багатоцільові верстати
ГВС	гнучкі виробничі системи
ЕМП	електромагнетне поле
ЕРС	електрорушійна сила
ЗПС	зона польової структури
ЗОР	змащувально-охолоджувальна рідина
ККД	коефіцієнт корисної дії
МОЗ	мастильно-охолоджувальні засоби
МОР	мастильно-охолоджувальна рідина
ПВГ	пасивна вимірювальна головка
ПЗ	панданна зона
ПС	пристосування-супутник
ПКТ	прилад контролю торкання
РІ	різальний інструмент
РТК	робототехнічний комплекс
РТУ	розвиток творчої уяви
СКТ	система контролю торкання
СО	система охолодження
ТОНТОР	тонке торкання
ТРВЗ	теорія розв'язання винахідницьких задач
ЧПК (CNC)	числове програмне керування (computer numerical control) коефіцієнт корисної дії

## ПЕРЕДМОВА

Сучасне машинобудування країни являє собою розвинуту інфраструктуру, що налічує понад 10000 підприємств різної форми власності та секторальної приналежності, продукція якої має забезпечувати ефективне функціонування вітчизняної економіки та гідно представляти її на світовому ринку. На даний час, на жаль, у динаміці розвитку галузі превалюють негативні тенденції, які мають як об'єктивний, так і суб'єктивний характер. Одна з них – нестача кваліфікованих робітничих кадрів для машинобудівних підприємств, про що свідчать дані Державної служби зайнятості та Державної служби статистики України. Професійно-технічна освіта і є тим ключовим елементом у підготовці робітничих кадрів, який запов'язаний своєчасно та повною мірою вирішувати поставлені часом завдання. Професійно-технічна освіта – це складова системи освіти України, вона є комплексом педагогічних та організаційно-управлінських заходів, спрямованих на забезпечення оволодіння громадянами знаннями, уміннями і навичками в обраній ними галузі професійної діяльності, на розвиток компетентності та професіоналізму, виховання загальної і професійної культури. У сучасних соціально-економічних умовах держава потребує цілісної системи безперервної професійної освіти, що відповідає національним інтересам і світовим тенденціям розвитку економіки, забезпечує підготовку кваліфікованих робітничих кадрів і молодших спеціалістів, спроможних навчатися впродовж життя, підвищувати рівень своєї кваліфікації, здобувати, при необхідності, іншу професію. На вирішення цих завдань і спрямована діяльність працівників системи професійно-технічної освіти.

Машинобудування є основою розвитку промислового комплексу України. Еволюція цієї галузі пов'язана з прогресом верстатобудування, оскільки металоріжучі верстати разом з деякими іншими видами технологічних машин забезпечують виготовлення будь-якого нового обладнання.

Таким чином, у технологічному ланцюзі виготовлення різного роду та призначення обладнання провідна роль належить операціям різання, що виконуються на металорізальних верстатах при участі робітника-верстатника, безпосередньо виконуючого керування верстатом, що забезпечує його програмування оператор. Зважаючи на це, до робітника-верстатника пред'являються особливі вимоги, необхідні при виготовленні конкурентоспроможної продукції. Для створення продукції високої якості верстатник повинен уміти працювати на різному обладнанні (токарному, фрезерному, шліфувальному й інших верстатах), самостійно налагоджувати обладнання, вибирати оптимальні режими обробки, усувати відмови, контролювати якість своєї праці.

Для забезпечення вищезазначених вимог до вмінь верстатника, з метою швидкого його адаптування у нових виробничих умовах при роботі на різних підприємствах, в ремонтних майстернях, у підручнику розглянуті основні правила безпеки при організації робіт на металорізальних верстатах, основні

поняття з технічної механіки, відомості про слюсарну обробку, токарну справу, металообробні верстати, технологічні процеси токарної обробки деталей. В окремих розділах посібника наведені довідкові відомості, необхідні робітнику в умовах роботи на невеликих підприємствах.

Методично навчальний посібник побудований відповідно до системного підходу підготовки за професією «Верстатник широкого профілю, оператор верстатів з персональним комп'ютером» та може бути використаний при вивченні дисципліни «Технологія верстатних робіт».

Навчальний посібник складається з 4-х розділів: основні правила безпеки, основи теорії різання металів, відомості про слюсарне оброблення, відомості про токарну роботу на токарних верстатах.

Доктором педагогічних наук М. А. Вайнтраубом розглянуто: електрофізичну модель абстрактного верстата – у другому розділі (2.9), польову структуру різальних інструментів і деталей – у третьому розділі (3.1-3.3), металооброблювальні верстати для токарної обробки та основні експлуатаційні властивості верстатів – у четвертому розділі (4.1), (4.3); складено післямову і глосарій.

Доктором технічних наук, професором В. Й. Засельським та кандидатом технічних наук Д. В. Пополовим розглянуто основні правила безпеки і поняття з технічної механіки й теорії різання металу(1), (2); відомості про слюсарну і токарну обробку, металообробні верстати та технологічний процес токарної обробки деталей (4.2), (4.4-4.7).

Розраховано на наукових, інженерно-технічних, педагогічних працівників, учнів професійно-технічних та студентів вищих навчальних закладів. Матеріал посібника може бути використаний у підготовці педагогічних працівників у галузі професійно-технічної освіти.



## РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ

### 1.1. Охорона та безпека праці, електробезпека, пожежна безпека

Згідно визначення ГОСТ. ССБТ 12.0.002 – 80, охорона праці – система законодавчих актів і відповідних їм соціально-економічних, технічних, гігієнічних й організаційних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатність людини в процесі праці. Виходячи з цього визначення, проблеми охорони праці мають складний комплексний характер, їх вирішення можливе при використанні досягнень різних наук. У вирішенні завдань охорони праці виділяють такі основні напрями (див. рис. 1.1).

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є [17]:

- ✓ забезпечення недоступності струмопровідних частин, що перебувають під напругою, для запобігання випадкового дотику;
- ✓ захист людей від ураження електричним струмом у разі ушкодження ізоляції, а також появи напруги на корпусах, кожухах та інших неструмопровідних частинах електрообладнання;
- ✓ застосування спеціальних захисних засобів;
- ✓ організація безпечної експлуатації електроустановок.

Недоступність струмопровідних частин, що перебувають під напругою, до запобігання випадкового дотику забезпечується такими способами: ізоляцією струмопровідних частин; обгородженням струмопровідних частин; розміщенням струмопровідних частин електроустановок на недоступній висоті.

**Ізоляція струмопровідних частин** є найголовнішим засобом електробезпеки. Головна функція ізоляції – запобігати проходженню електричного струму через частини електрообладнання та виробничого устаткування, до яких можливий дотик людей, забезпечувати захист від випадкового дотику до струмопровідних частин. Найбільше це стосується проводів та кабелів, що прокладаються в житлових та виробничих приміщеннях, а також матеріалів, що застосовуються в електричних мережах: вимикачів, розеток, запобіжників тощо.

Справна робота електроустановок та безпека обслуговування значною мірою залежать від стану ізоляції їх струмопровідних частин. Стан ізоляції характеризується її електричною міцністю, діелектричними втратами та електричним опором.

Електрична міцність ізоляції визначається випробуванням її на пробій підвищеною (проти робочої) напругою, діелектричні втрати – спеціальними випробуваннями, опір ізоляції – за допомогою спеціальних приладів.

Стан ізоляції перевіряється перед вводом електроустановки в експлуатацію, а також періодично в процесі експлуатації у терміни, передбачені правилами технічної експлуатації. При цьому в електроустановках понад 1000 В виконуються всі види випробувань ізоляції: випробування підвищеною напругою, визначення діелектричних втрат та вимірювання опору. В електроустановках до 1000 В контроль стану ізоляції обмежується вимірами її

опору, а також випробуванням ізоляції деяких елементів мережі підвищеною напругою.

Контроль значення опору ізоляції електроустановок до 1000 В, у першу чергу в мережах з ізолюваною нейтраллю, має пряме відношення до убезпечення працівників. У таких мережах небезпека ураження людини в разі дотику до проводу чи іншого предмета, що опинився під фазною напругою, залежить від опору ізоляції проводів відносно землі: чим більший опір ізоляції, тим менший струм проходить через людину. Тому дуже важливо підтримувати опір ізоляції на достатньому рівні, а отже, своєчасно перевіряти її опір. Проводити виміри опору ізоляції повинні спеціалізовані електротехнічні лабораторії.

**Обгородження струмопровідних частин** передбачається конструкцією електрообладнання і є складовою частиною останнього. Корпуси, кожухи, оболонки багатьох типів електричних машин, апаратів та приладів надійно захищають струмопровідні частини від випадкового дотику до них. При спорудженні електроустановок незахищені шини та проводи, а також прилади, апарати, розподільні щитки тощо, струмопровідні частини, доступні для дотикання, розміщують в спеціальних камерах, шафах, що закриваються суцільними або сітчастими огороженнями.

Суцільні огороження обов'язкові для електроустановок, розташованих в місцях, де можуть перебувати люди, які не пов'язані з обслуговуванням електроустановок.

Сітчасті огороження застосовуються в електроустановках, до яких мають доступ тільки електротехнічні працівники.

**Розміщення струмопровідних частин на недоступній для дотику висоті** провадиться в тих випадках, коли ізоляція або огороження їх стає неможливим та недоцільним. Вочевидь, що проводи повітряних ліній електропередачі обгороджувати або ізолювати недоцільно, оскільки під впливом атмосфери така ізоляція швидко руйнується, тому на повітряних лініях електропередачі застосовуються, як правило, «голі» проводи. Хоча останнім часом поширення набувають самонесучі ізолювані проводи ліній електропередачі напругою до 1000 В, які мають ряд переваг перед лініями з «голими» проводами.

Для усунення небезпеки ураження електричним струмом, у разі порушення ізоляції та появи напруги на корпусах, кожухах та інших неструмопровідних частинах електрообладнання, застосовуються такі захисні засоби [16]:

- ✓ захисне заземлення;
- ✓ занулення;
- ✓ захисне відключення;
- ✓ застосування малої напруги;
- ✓ захисне розділення мережі;
- ✓ подвійна ізоляція;
- ✓ вирівнювання потенціалів.

Засоби захисту за характером їх застосування поділяються на дві категорії: засоби колективного захисту і засоби індивідуального захисту.

Частини конструкції електроустановки (постійні огороження, стаціонарні заземлювальні ножі тощо), що виконують захисні функції, в поняття засобів захисту не входять.

До електрозахисних засобів належать: ізоляційні штанги (оперативні, для встановлення заземлень, вимірювальні), ізолювальні (для операцій із запобіжниками) та електровимірювальні кліщі, показники напруги, показчики напруги для фазування; ізоляційні пристрої та пристосування для ремонтних робіт під напругою понад 1000 В та слюсарно-монтажний інструмент з ізоляційними рукоятками для роботи в електроустановках напругою до 1000 В; діелектричні рукавиці, боти, калоші, килими, ізоляційні підставки та накладки; індивідуальні екрануючі комплекти; переносні заземлення; захисні огорожі і діелектричні ковпаки; плакати та знаки безпеки.

До основних електрозахисних засобів під час робіт в електроустановках напругою понад 1000 В належать: ізоляційні штанги; ізоляційні та електровимірювальні кліщі; показчики напруги; показчики напруги для фазування.

Ізоляційні частини основних засобів захисту повинні бути виконані з електроізоляційних матеріалів зі стійкими діелектричними властивостями. Матеріали, які вбирають вологу, повинні бути покриті вологостійким лаком і мати гладку поверхню, без тріщин, розшарувань і подряпин.

До додаткових електрозахисних засобів, що застосовуються в електроустановках напругою понад 1000 В, належать: діелектричні рукавички; діелектричні боти; діелектричні килими; індивідуальні екранувальні комплекти; ізоляційні підставки і накладки; діелектричні ковпаки; переносні заземлення; захисні огорожі; плакати та знаки безпеки.

До основних електрозахисних засобів, що застосовуються в електроустановках напругою до 1000 В, належать: ізоляційні штанги; ізоляційні та електровимірювальні кліщі; показники напруги; діелектричні рукавички; слюсарно-монтажний інструмент з ізоляційними рукоятками; переносні заземлення.

До додаткових електрозахисних засобів в електроустановках до 1000 В належать: діелектричні калоші; діелектричні килими; переносні заземлення; ізоляційні підставки і накладки; захисні огорожі, плакати та знаки безпеки.

Вибір необхідних засобів захисту під час оперативних перемикань та на інших роботах в електроустановках визначається місцевими умовами на підставі вимог Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів та інших відповідних нормативно-технічних документів.

У разі використання основних засобів електрозахисту, достатнім є застосування одного додаткового, за винятком звільнення потерпілого від струму в електроустановках, коли для захисту від напруги необхідно застосовувати також діелектричне взуття.

Працівники, які обслуговують електроустановки, повинні бути забезпечені усіма необхідними засобами захисту, що убезпечує їх роботу. Засоби захисту повинні знаходитися як інвентарні в розподільних пристроях електростанцій і підприємств, на трансформаторних підстанціях і в розподільних пунктах електромереж або включатись до інвентарної власності оперативно-виїзних бригад, бригад централізованого ремонту, пересувних лабораторій тощо, а також видаватися для індивідуального користування.

Відповідальність за своєчасне забезпечення працівників і комплектування електроустановок випробуваними засобами захисту відповідно до норм комплектування, організацію правильного зберігання та створення необхідного резерву, своєчасне виконання періодичних оглядів і випробувань, вилучення непридатних засобів та за організацію обліку засобів захисту покладається на керівників структурних підрозділів, а в цілому по підприємству – на керівника (власника).

**Пожежна безпека** – це стан об'єкта, при якому виключається можливість пожежі, а в разі її виникнення використовуються необхідні заходи по усуненню негативного впливу небезпечних факторів пожежі на людей, споруди і матеріальні цінності. Пожежна безпека може бути забезпечена заходами пожежної профілактики й активного пожежного захисту. Пожежна профілактика включає комплекс заходів, спрямованих на попередження пожежі або зменшення її наслідків. **Активна пожежна безпека** – заходи, що забезпечують успішну боротьбу з пожежами або вибухонебезпечною ситуацією.

**Система забезпечення пожежної безпеки** – це сукупність сил і засобів, а також заходів правового, організаційного, економічного, соціального й науково-технічного характеру, спрямованих на боротьбу з пожежами. Основними елементами системи забезпечення пожежної безпеки є органи державної влади, органи місцевого самоврядування, підприємства, громадяни, які беруть участь у забезпеченні пожежної безпеки.

Основними функціями системи забезпечення пожежної безпеки є: нормативно-правове регулювання і здійснення державних заходів у галузі пожежної безпеки; створення пожежної охорони та організація її діяльності; розробка і здійснення заходів пожежної безпеки; реалізація прав, обов'язків і відповідальності в галузі пожежної безпеки; проведення протипожежної пропаганди та навчання населення заходам пожежної безпеки; сприяння діяльності добровільних пожежних об'єднань та об'єднань пожежної охорони; залучення населення до забезпечення пожежної безпеки; науково-технічне забезпечення пожежної безпеки; інформаційне забезпечення у сфері пожежної безпеки; здійснення державного пожежного нагляду та інших контрольних функцій щодо забезпечення пожежної безпеки; виробництво пожежно-технічної продукції, виконання робіт і надання послуг у галузі пожежної безпеки; ліцензування діяльності (робіт, послуг) в галузі пожежної безпеки та сертифікація продукції і послуг у галузі пожежної безпеки; протипожежне страхування; встановлення податкових пільг та здійснення інших заходів

соціального й економічного стимулювання забезпечення пожежної безпеки; гасіння пожеж та проведення пов'язаних з ними першочергових аварійно-рятувальних робіт; облік пожеж та їх наслідків; встановлення особливого протипожежного режиму [38, 41].

Виробничі об'єкти відрізняються підвищеною пожежною небезпекою, тому що характеризуються складністю виробничих процесів, наявністю значних кількостей зріджених горючих газів, твердих горючих матеріалів, великою оснащеністю електричних установок тощо.

Основними причинами пожеж найчастіше бувають:

- 1) порушення технологічного режиму – 33%;
- 2) несправність електрообладнання – 16%;
- 3) погана підготовка до ремонту обладнання – 13%;
- 4) самозаймання промасленого ганчір'я та інших матеріалів – 10%.

Джерелами займання також можуть бути: відкритий вогонь технологічних установок, розпечені або нагріті стінки апаратів та обладнання, іскри електрообладнання, статична електрика, іскри удару і тертя деталей машин та обладнання тощо. Крім того, джерелом запалення можуть служити порушення норм і правил зберігання пожежонебезпечних матеріалів, необережне поводження з вогнем, використання відкритого вогню факелів, паяльних ламп, куріння в заборонених місця, невиконання протипожежних заходів щодо обладнання пожежного водопостачання, пожежної сигналізації, забезпечення первинними засобами пожежогасіння та ін.

Надзвичайно важливо правильно оцінити вже на стадії проектування пожежо- і вибухонебезпечність технологічного процесу, виявити можливі причини аварій, визначити небезпечні фактори та науково обґрунтувати вибір способів і засобів пожежо- і вибухопопередження та захисту.

Важливим чинником у проведенні цих робіт є знання процесів та умов горіння і вибуху, властивостей речовин і матеріалів, які застосовуються в технологічному процесі, способів і засобів захисту від пожежі й вибуху.

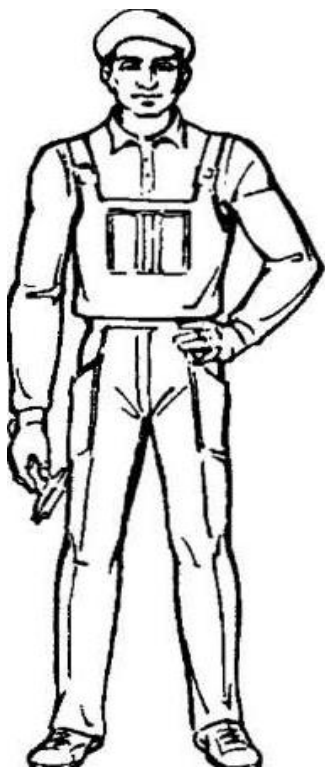
Заходи з пожежної профілактики поділяються на: організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.

Для попередження розповсюдження пожежі з однієї будівлі на інші між ними влаштовують протипожежні розриви. При визначенні протипожежних розривів виходять з того, що найбільшу небезпеку щодо можливого займання сусідніх будівель і споруд становить теплове випромінювання від вогнища пожежі. Кількість прийнятої теплоти сусідньою з палаючим об'єктом будівлею залежить від властивостей палива і температури полум'я, величини випромінюючої поверхні, площі світлових прорізів, групи займистості огорожувальних конструкцій, наявності протипожежних перепон, взаємного розташування будівель, метеорологічних умов тощо.

До протипожежних перешкод відносять: стіни, перегородки, перекриття, двері, ворота, люки, тамбур-шлюзи і вікна. Протипожежні стіни повинні бути виконані з негорючих матеріалів, мати межу вогнестійкості не менше 2.5 годин і спиратися на фундаменти. Протипожежні стіни розраховують на стійкість з

урахуванням можливості однобічного обвалення перекриттів та інших конструкцій при пожежі.

Противопожежні двері, вікна і ворота в протипожежних стінах повинні мати межу вогнестійкості – не менше 1,2 години, а протипожежні перекриття – не менше 1 години. Такі перекриття не повинні мати отворів, через які можуть проникати продукти горіння при пожежі.



*Рис. 1.1. Спецодяг  
робітника – ерстатника*

При проектуванні будинків необхідно передбачити безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі. При виникненні пожежі люди повинні покинути приміщення протягом мінімального часу, який визначається найкоротшою відстанню від місця їхнього знаходження до виходу назовні.

Кількість евакуаційних виходів з будівель, приміщень та з кожного поверху будинків визначається розрахунком, але має становити не менше двох. Евакуаційні виходи повинні розташовуватися зосереджено. При цьому ліфти та інші механічні засоби транспортування людей при розрахунках не враховують. Ширина ділянок шляхів евакуації має бути не менше 1 м, а дверей на шляхах евакуації – не менш 0,8 м. Ширина зовнішніх дверей сходових кліток повинна бути не меншою ширини маршу сходів, висота проходу на шляхах евакуації – не меншою 2 м. При проектуванні будинків і споруд для евакуації людей повинні передбачатися такі види сходових клітин та сходів: незадимлювані сходові клітини (сполучені з зовнішньою повітряною зоною або обладнані технічними пристроями для підпору повітря); закриті клітини з природним освітленням через вікна у зовнішніх стінах; закриті сходові клітини без природного освітлення; внутрішні відкриті сходи (без огорожувальних внутрішніх стін); зовнішні відкриті сходи. Для будинків з перепадами висот слід передбачати пожежні драбини.

Кількість евакуаційних виходів з будівель, приміщень та з кожного поверху будинків визначається розрахунком, але має становити не менше двох. Евакуаційні виходи повинні розташовуватися зосереджено. При цьому ліфти та інші механічні засоби транспортування людей при розрахунках не враховують. Ширина ділянок шляхів евакуації має бути не менше 1 м, а дверей на шляхах евакуації – не менш 0,8 м. Ширина зовнішніх дверей сходових кліток повинна бути не меншою ширини маршу сходів, висота проходу на шляхах евакуації – не меншою 2 м. При проектуванні будинків і споруд для евакуації людей повинні передбачатися такі види сходових клітин та сходів: незадимлювані сходові клітини (сполучені з зовнішньою повітряною зоною або обладнані технічними пристроями для підпору повітря); закриті клітини з природним освітленням через вікна у зовнішніх стінах; закриті сходові клітини без природного освітлення; внутрішні відкриті сходи (без огорожувальних внутрішніх стін); зовнішні відкриті сходи. Для будинків з перепадами висот слід передбачати пожежні драбини.

## **1.2. Безпека праці під час виконання робіт на металорізальних верстатах**

Для запобігання травматизму при виконанні робіт на металорізальних верстатах необхідно дотримуватися наступних таких правил.

*До початку робіт.*

Уважно ознайомитися з інструкцією відділу техніки безпеки підприємства для даного фаху.

Отримати інструктаж майстра з техніки безпеки щодо конкретних видів робіт на даний робочий день.

Упорядкувати робочий одяг, застібнути гудзики на рукавах, заправити комбінезон, прибрати волосся під головний убір (рис. 1.2), оскільки недбалість

у робочому одязі може призвести до механічних ушкоджень організму людини внаслідок попадання одягу в зону дії рухомих частин верстата.

Пересвідчитись у справності верстата, а саме: наявності захисних кожухів зубчатих передач, приводних пасів; зручності встановлення світильників місцевого освітлення (світло не повинно сліпити очі); перевірити верстат на холостому ході й переконавшись у справності кнопок «Пуск» і «Стоп», органів керування, гальм, систем змащування й охолодження, підйомних і завантажувальних пристроїв. Перевірити надійність заземлення електродвигуна, шафи з електроустаткуванням і станини.

Упорядкувати робоче місце – прибрати все зайве з верстата й зони робочого місця, зручно встановити тару для заготовок і деталей, перевірити справність дерев'яної решітки.

Про несправність у верстаті та його електроустаткуванні негайно повідомити майстра або чергового слюсаря (електрика), і до усунення несправності до роботи не приступати.

Встановлюючи і знімаючи заготовки масою понад 20 кг, користуватися підйомними пристроями, при цьому надійно стропувати заготовку; звільняти заготовку від підвісу лише після її встановлення й надійного закріплення на верстаті.

Для встановлення і знімання важкого патрона користуватися спеціальним пристроєм.

Під час заточування не підводити інструмент до торця плоского круга; не допускати великого зазору між підручником і кругом, не притискувати інструмент до круга з великим зусиллям; користуватися захисним щитком або окулярами.

Отримавши інструмент з комори, перевірити, чи немає забоїн на конусних хвостовиках, тріщин у твердосплавних пластинках, сколів або викришувань на різальних кромках і чи надійним є механічне кріплення пластинки.

Не знімати і не відкривати захисної огорожі та запобіжних пристроїв: не знімати щитки з електрообладнання, не відчиняти дверей електрошафи, не доторкатися до клем.

*Під час роботи і після закінчення робочої зміни.*

Захищати очі від стружки захисним екраном (рис. 1.2) або ж окулярами (рис. 1.3, а) чи щитком (рис. 1.3, б). Прикривати патрон слід запобіжним щитком.

Слідкувати, щоб охолоджувальна рідина чи мастило не потрапили на решітку або підлогу в зоні робочого місця; виявивши витікання мастила з картерів верстата, негайно викликати слюсаря; не спиратися на верстат під час його роботи.

Працюючи з жорстким заднім центром, своєчасно заповнювати мастилом центрові отвори заготовок; періодично перевіряти, чи не відходить задній центр (підкручувати маховичок задньої бабки); не розсовувати кулачки патрона до виходу їх із корпусу; в кулачковому патроні без підтримки центром задньої

бабки закріплювати лише короткі заготовки, довгі заготовки підтримувати центром задньої бабки.

Міцно закріплювати оброблювані заготовки на верстаті – у патроні, центрах чи на оправці; не нарощувати рукоятки ключа для закріплення заготовок у патроні, а користуватися «самовідкидним» ключем (рис. 1.4); не застосовувати підкладок між зівом ключа та гранями гайки; правильно й надійно закріплювати інструмент; для встановлення різця застосовувати мінімальну кількість підкладок.

Прибирати стружку лише після зупинки верстата. Видаляти стружку гачком і щіткою (рис. 1.5).

Не працювати на верстаті в рукавицях; якщо палець забинтовано – поверх бинта надіти гумовий чохлак; витирати руки чистим ганчір'ям.

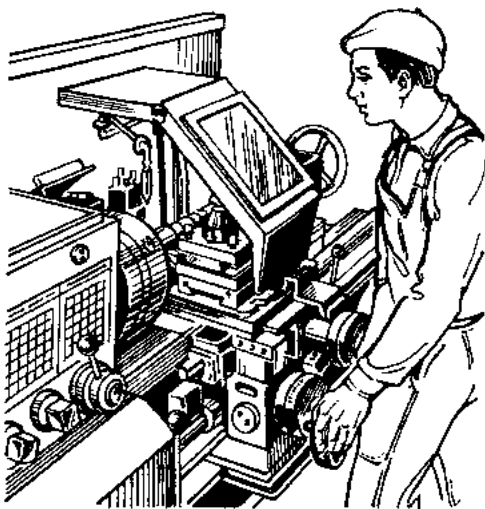


Рис. 1.2. Робота токаря із захисним екраном



Рис. 1.3. Індивідуальні засоби захисту очей:  
а - захисні окуляри; б - захисний щиток

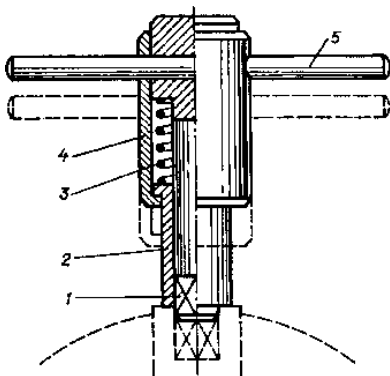


Рис. 1.4. Самовідкидний ключ до патрона:  
1 - ключ; 2 - втулка; 3 - пружина; 4 - корпус-стакан; 5 - рукоятка

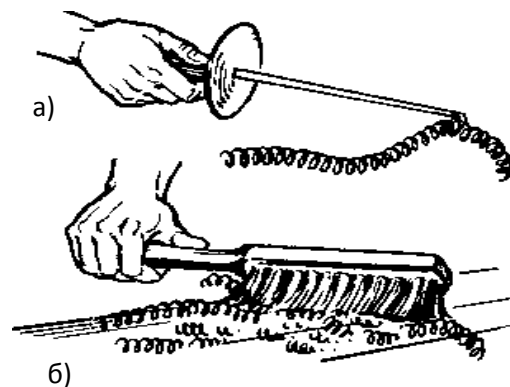


Рис. 1.5. Видалення стружки з верстата за допомогою: а - гачка; б - щітки



Не відрізати пруток, якщо виліт зі шпинделя великий; кінець прутка, що виступає, огороджувати трубчастим кожухом з неробочого боку шпинделя.

Вимірювання універсальним вимірювальним інструментом або калібрами виконувати лише після вимкнення верстата.

У разі травми – негайно звернутися до медпункту.

Після закінчення роботи слід вимкнути електродвигун верстата, очистити й змастити верстат, заготовки та деталі акуратно скласти на робочому місці, а інструменти – в інструментальну шафу.

Про всі неполадки в роботі верстата сповістити майстра.

### **1.3. Гігієна праці, виробнича санітарія, профілактика травматизму**

У нашій країні гігієна праці спрямована на вивчення впливу на організм людини виробничих чинників з метою наукового обґрунтування гігієнічних нормативів і засобів профілактики професійних захворювань та інших несприятливих наслідків впливу трудового процесу та умов праці на працівників. Виробнича санітарія – це система організаційних, гігієнічних, санітарно-технічних заходів і засобів, спрямованих на запобігання виробничій небезпеці, зумовленій шкідливими чинниками [15, 19, 39, 66].

Міжнародна організація праці розглядає професійну гігієну як діяльність, спрямовану на запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням, а також на поліпшення умов праці та виробничого середовища. Так, гігієна праці та виробнича санітарія в системі охорони праці нашої країни забезпечують головну мету професійної гігієни, визначену спільним комітетом Міжнародної організації праці та Всесвітньої організації охорони здоров'я як сприяння та підтримку найвищого рівня фізичного, психічного і соціального благополуччя працівників у всіх видах трудової діяльності, захист працівників у їхній професійній діяльності від ризиків, пов'язаних з несприятливими для здоров'я чинниками.

Вирішення питань виробничої санітарії та професійної гігієни в нашій країні забезпечує закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», який регулює суспільні відносини, що виникають у сфері забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя, визначає відповідні права та обов'язки державних органів, підприємств, установ, організацій та порядок організації державної санітарно-епідеміологічної служби і державного санітарно-епідеміологічного нагляду.

### **1.4. Атестація робочих місць за умовами праці**

Будь-яка трудова діяльність проходить в умовах виробничого середовища, під яким розуміють сукупність чинників фізичної, хімічної, біологічної природи, що діють на людину разом із соціально-економічними

чинниками. Виробниче середовище і чинники трудового процесу (психофізіологічні чинники) формують в сукупності умови праці.

Під час експлуатації виробничих, побутових та інших приміщень, споруд, обладнання, устаткування, транспортних засобів, технологій їх власник зобов'язаний створити безпечні і здорові умови праці та відпочинку, що відповідають санітарним вимогам, здійснювати заходи, спрямовані на запобігання захворюванням, отруєнням, травмам, забрудненню навколишнього середовища.

Атестацію робочих місць за умовами праці проводять на підприємствах, в організаціях, установах (надалі – підприємства), незалежно від форм власності і господарювання, де технологічний процес, використовуване обладнання, сировина та матеріали з потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих чинників можуть несприятливо впливати на стан здоров'я працівників, а також на їх спадкоємців.

Головна мета атестації полягає в регулюванні відносин між власником чи уповноваженим ним органом і працівниками вгалузі реалізації прав на здорові й безпечні умови праці, пільгове пенсійне забезпечення, пільги та компенсації за роботу в несприятливих умовах.

Атестацію робочих місць проводять відповідно до Положення про гігієнічну класифікацію праці за показниками шкідливості та небезпечності чинників виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу (№ 529 від 27.12.2001 МОЗ). За гігієнічною класифікацією умови праці поділяють на чотири класи (рис. 1.6):



Рис. 1.6. Гігієнічна класифікація умов праці

Перший клас – оптимальні умови праці – такі умови, за яких зберігається не лише здоров'я працівників, а й створюються передумови для підтримання високого рівня працездатності. Оптимальні гігієнічні нормативи виробничих чинників визначені лише для мікроклімату і чинників трудового процесу. Для інших чинників оптимальними вважають такі умови праці, за яких несприятливі чинники виробничого середовища не перевищують рівнів, прийнятих як безпечні для населення.

Другий клас – допустимі умови праці – характеризуються такими рівнями чинників виробничого середовища і трудового процесу, які не перевищують встановлених гігієнічних нормативів, а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни та не чинять несприятливого впливу

на стан здоров'я працівників і їхніх спадкоємців у найближчому й віддаленішому періодах.

Третій клас – шкідливі умови праці – характеризуються такими рівнями шкідливих виробничих чинників, які перевищують гігієнічні нормативи і здатні чинити несприятливий вплив на організм працівників та їхніх спадкоємців.

Шкідливі умови праці за ступенем перевищення гігієнічних нормативів та вираження шкідливих змін в організмі працівників поділяють на чотири ступені.

Перший ступінь – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих чинників виробничого середовища та трудового процесу, які, зазвичай, викликають функціональні зміни, що виходять за межі фізіологічних коливань (останні відновлюються у разі тривалішої, ніж початок наступної зміни, перерви в контакті зі шкідливими чинниками) та збільшують ризик погіршення здоров'я.

Другий ступінь – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих чинників виробничого середовища і трудового процесу, котрі здатні спричинити стійкі функціональні порушення, призводять, зазвичай, до зростання виробничо-зумовленої захворюваності, вияву окремих ознак або легких форм професійної патології (зазвичай, без втрати професійної працездатності), що виникають після тривалої експозиції (10 років та більше).

Третій ступінь – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих чинників виробничого середовища і трудового процесу, які призводять, окрім зростання виробничо-зумовленої захворюваності, до розвитку професійних захворювань, зазвичай, легкого та середнього ступенів важкості (з втратою професійної працездатності в період трудової діяльності).

Четвертий ступінь – умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих чинників виробничого середовища і трудового процесу, що здатні призводити до значного зростання хронічної патології та рівнів захворюваності з тимчасовою втратою працездатності, а також до розвитку важких форм професійних захворювань (із втратою загальної працездатності).

Четвертий клас – небезпечні (екстремальні) умови праці – характеризуються такими рівнями шкідливих чинників виробничого середовища і трудового процесу, вплив яких упродовж робочої зміни (або ж її частини) створює загрозу для життя, високий ризик виникнення важких форм гострих професійних уражень.

Для визначення класу умов праці використовують гігієнічні критерії, що визначають ступінь впливу на організм таких виробничих чинників: хімічних, біологічного походження, віброакустичних, мікроклімату приміщень, електромагнітних полів та випромінювань, іонізувального випромінювання, світлового випромінювання, аероіонізації, важкості трудового процесу, напруженості трудового процесу.

Атестація робочих місць охоплює:

- виявлення на робочому місці шкідливих і небезпечних виробничих чинників та причини їхнього виникнення;

- дослідження санітарно-гігієнічних чинників виробничого середовища, важкості і напруженості трудового процесу на робочому місці;
- комплексну оцінку чинників виробничого середовища і характеру праці відповідно до вимог стандартів, санітарних норм і правил;
- обґрунтування віднесення робочого місця до відповідної категорії зі шкідливими умовами праці;
- підтвердження (встановлення) права працівників на пільгове пенсійне забезпечення, додаткову відпустку, скорочений робочий день та інші пільги й компенсації, залежно від умов праці;
- перевірку правильності застосування списків виробництв, робіт, професій, посад і показників, що дають право на пільгове пенсійне забезпечення;
- вирішення спорів, які можуть виникнути між юридичними особами і громадянами (працівниками) щодо умов праці, пільг і компенсацій;
- розроблення комплексу заходів щодо оптимізації умов гігієни і безпеки, характеру праці й оздоровлення працівників;
- установа відповідності умов праці до рівня розвитку техніки і технології, удосконалення порядку та умов установа та призначення пільг і компенсацій.

Під час вивчення чинників виробничого середовища і трудового процесу визначають:

- характерні для конкретного робочого місця виробничі чинники, які підлягають лабораторним дослідженням;
  - нормативне значення (гранично допустима концентрація, гранично допустимий рівень) параметрів чинників виробничого середовища і трудового процесу, використовуючи систему стандартів безпеки праці, санітарні норми і правила, інші регламенти; фактичне значення чинників виробничого середовища і трудового процесу шляхом лабораторних досліджень або розрахунків.

Санітарно-гігієнічні дослідження чинників виробничого середовища і трудового процесу проводять санітарні лабораторії підприємств і організації, атестовані органами держстандарту і Міністерством охорони здоров'я України за списками, узгодженими з органами державної експертизи умов праці, а також на договірній основі лабораторії санепідемстанції.

Порівнюючи фактичні значення чинників виробничого середовища з нормативними, клас умов праці визначають за окремими показниками.

Якщо на робочому місці фактичні значення шкідливих чинників є в межах оптимальних чи допустимих рівнів, то умови праці відповідають гігієнічним вимогам і належать, відповідно, до першого або другого класу.

Якщо рівень хоча б одного чинника перевищує допустиму величину, то умови праці на такому робочому місці, залежно від величини перевищення, відповідно до гігієнічних критеріїв окремих чинників, належать до першого – четвертого ступенів третього класу шкідливих умов праці або до четвертого класу небезпечних умов праці.

Належність чинників до певного класу умов праці визначають з урахуванням часу їх дії упродовж зміни. Для тих чинників, що не мають регламентованих нормативів із врахуванням часу дії, визначення класу умов праці виконують за рівнями на постійному робочому місці. Для віднесення умов праці до третього класу, час дії чинника повинен бути не меншим за 50% часу робочої зміни. У разі віднесення чинника до четвертого класу, час його дії не враховують.

За класом умов праці визначають пільги та компенсації за роботу в несприятливих умовах, право працівників на пенсію на пільгових засадах. Наприклад, за списком 1 пільгову пенсію встановлюють за наявності на робочому місці однієї з умов: не менше двох чинників третього ступеня відхилення від норм; не менше одного чинника третього ступеня і трьох чинників першого чи другого ступеня відхилення від норм; не менше чотирьох чинників другого ступеня відхилення від норм; наявність у повітрі робочої зони хімічних речовин гостронаправленої дії першого чи другого класу небезпеки.

Результати атестації робочих місць призначені для встановлення пріоритетності у проведенні оздоровчих заходів, прогнозування професійної захворюваності, створення банку даних про умови праці на рівні підприємства, району, міста, країни в цілому, встановлення диференційованих внесків у фонд соціального страхування, визначення економічних санкцій в зв'язку з несприятливими умовами праці.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке інженерна охорона праці?
2. Що таке промислова токсикологія?
3. Перерахуйте основні заходи захисту від ураження електричним струмом.
4. Охарактеризуйте основні вимоги стосовно ізоляції струмопровідних частин.
5. Які захисні засоби застосовують при появі напруги на неструмопровідних частинах електрообладнання?
6. Що таке система забезпечення пожежної безпеки?
7. Які є основні функції системи забезпечення пожежної безпеки?
8. Яких правил необхідно дотримуватися до початку робіт на металорізальних верстатах?
9. Яких правил необхідно дотримуватися під час роботи на металорізальних верстатах і після закінчення робочої зміни?
10. Які існують права та обов'язки громадян щодо забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя?

## РОЗДІЛ 2. Основи теорії різання металів

**2.1. Токарна обробка** - один із способів обробки матеріалів різанням. Процес різання вивчає наука, яка є частиною фізики твердих тіл і називається **теорією різання**. Для глибокого вивчення токарної справи необхідні знання основ цієї теорії [1,2,18].

У теорії різання розглядаються: загальні закономірності процесу утворення стружки; сили, що діють на інструмент, та їхній вплив на процес різання; теплові явища, що виникають у процесі різання; спрацювання інструментів і способи підвищення їхньої стійкості; вплив геометрії інструментів на процес різання; вплив режимів різання на сили різання і стійкість інструменту; правила вибору мастильно-охолодної рідини і способу підведення її в зону різання.

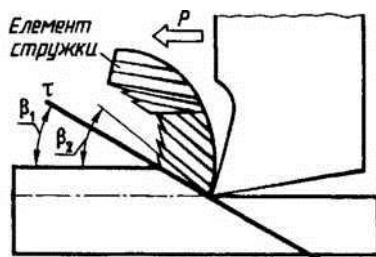


Рис. 2.1. Схема сколювання стружки

Суть обробки металів різанням полягає у зрізуванні із заготовки поверхневого шару металу (припуску) у вигляді стружки для отримання деталі потрібної форми, розмірів та з відповідною якістю поверхні.

Дослідження показали, що процес різання металу - це, по суті, сколювання і зсув частинок металу під дією сили, з якою передня поверхня різця

вдавлюється у зрізуваний шар (рис. 2.1). Сколювання частинок металу (елементів стружки) відбувається у площині сколювання  $\tau - \tau$ , розміщеній під кутом сколювання  $\beta_1 = 30...40^\circ$  до оброблюваної поверхні. Всередині кожного елемента відбуваються міжкристалічні зсуви під кутом ( $\beta_2 = 60...65^\circ$ ).

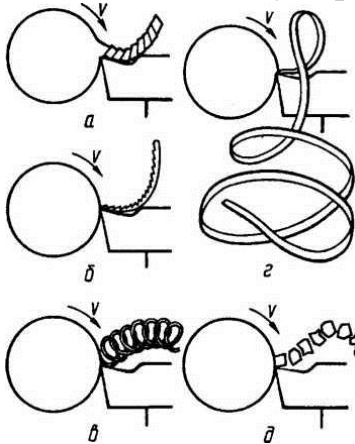


Рис. 2.2. Види стружок: а - східчаста; б - сколювання; в - зливна спіральна; г - зливна плутана; д - надлому (сипка)

Залежно від оброблюваного металу та умов різання, утворюється стружка різних видів (рис. 2.2): *східчаста, сколювання, зливна спіральна, зливна плутана, надлому (сипка)*. Утворення стружки надлому характерне для оброблення чавуну та бронзи.

Кожен елемент стружки здавлюється під дією сили, яку прикладено з боку передньої поверхні різця. Внаслідок цього довжина стружки завжди менша, ніж довжина тієї поверхні, з якої вона зрізана (рис. 2.3). Це явище називається *усадкою стружки* й характеризується коефіцієнтом усадки  $K = \frac{L_0}{L}$ ,

де  $L_0$  - довжина оброблюваної поверхні (шлях проходження різця по заготовці), мм;  $L$  - довжина стружки, мм.

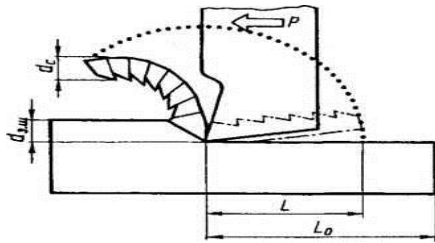


Рис. 2.3. Схема усадки стружки:  $d_c$  - товщина стружки;  $d_{z.sh}$  - товщина зрізуючого шару

Значення коефіцієнта усадки завжди більше за одиницю. Чим більший коефіцієнт усадки, тим більший опір зрізуванню (сколюванню) чинить оброблюваний метал. За коефіцієнтом усадки визначають доцільність вибору тієї чи іншої геометрії різця, режимів різання, мастильно-охолоджувальної рідини.

## 2.2. Фізичні явища, що супроводжують процес різання

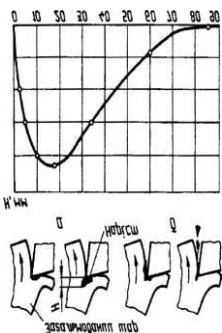


Рис. 2.4. Утворення та зрив наросту під час точіння: а - схема утворення наросту; б - зрив наросту; в - залежність висоти наросту  $H$  від швидкості різання

Процес різання супроводжується низкою закономірних явищ, вивчення яких дає змогу обґрунтувати вибір конкретних умов (режиму) різання, геометрії різця, мастильно-охолоджувальної рідини.

**Наклеп.** Оброблена поверхня заготовки завжди має вищу твердість, ніж уся її поверхня. Це є наслідком наклепу, тобто зміни структури поверхневого шару оброблюваного металу під дією деформації, яка супроводжує сколювання елементів стружки. Товщина наклепаного шару досягає 1–2 мм.

Ступінь наклепу (підвищення твердості) й товщина наклепаного шару залежать від механічних властивостей оброблюваного матеріалу (крихкі метали наклепуються менше, ніж в'язкі), геометрії різця (менший передній кут різця спричиняє більший наклеп), режиму різання, мастильно-охолоджувальної рідини та інших факторів. Наклеп знімають відпалюванням.

**Наріст.** Під час різання пластичних металів на передній поверхні різця поблизу різальної кромки утворюється “горбик” металу, що “приварився” до передньої поверхні. Це так званий наріст. Причиною його виникнення є деяке пригальмовування поверхневого шару стружки під час сходження по передній поверхні різця (рис. 2.4, а).

Наріст відзначається високою твердістю, оскільки, нагріваючись, а потім охолоджуючись, загартовується, а також значно ущільнюється (наклепується).

У разі обдирного оброблення, наріст, приймаючи на себе навантаження, запобігає перегріванню та спрацюванню передньої поверхні різця. Тому явище

наростоутворення за чорнової обробки є нешкідливим і навіть корисним. А ось наростоутворення за чистової обробки - явище шкідливе, оскільки знижує точність і клас шорсткості обробленої поверхні.

Наріст не тримається довгий час на різці, а періодично обламується й попадає між різальною кромкою різця та заготовкою; при цьому дрібні уламки утворюють ум'ятини (лунки) на обробленій поверхні (рис. 2.57, б). Дрібні шматочки металу, що прилипають до неї, є причиною підвищеної шорсткості. Крім цього, нерівні краї наросту, які виходять за різальну кромку, дряпають оброблену поверхню. Тому за умов утворення наросту отримати високоякісну поверхню (вище 5-го класу шорсткості) неможливо.

Усунути причини наростоутворення можна кількома способами, а саме: роботою в певній зоні швидкостей різання. Найінтенсивніше наріст утворюється за швидкості різання 7–80 м/хв. За малої швидкості (до 7 м/хв) температура в зоні різання є недостатньою для спікання і загартовування наросту, а за великої (понад 80 м/хв) наріст не встигає приваритися до різця, оскільки його зносить стружка, що швидко сходить. Оброблення багатолезовими інструментами зі швидкорізальної сталі (розвертками, мітчиками) і фасонними різцями, тобто інструментами, які мають забезпечити низьку шорсткість, виконується на малих швидкостях різання, а твердосплавними різцями й зенкерами – на високих;

*доведенням або поліруванням* передньої поверхні. При цьому тертя стружки об інструмент різко знижується, зменшується «пригальмовування» поверхневого шару стружки, і наріст, практично, не утворюється;

*застосуванням мастильно-охолоджувальної рідини*. Якщо поверхня різця добре змащується, наріст буде незначним.

### **2.3. Мастильно-охолоджувальна рідина та підведення її в зону різання**

Вибір мастильно-охолоджувальної рідини (МОР) залежить від виду обробки (чорнова або чистова), властивостей оброблюваного металу, глибини та швидкості різання, виду стружки, вимог до якості обробленої поверхні тощо.

Мастильно-охолоджувальні рідини, що застосовуються під час оброблення сталі, поділяються на дві групи. До першої групи належать рідини, які справляють переважно охолоджувальну дію. Це водяні розчини соди або мила, водяні емульсії та інші сполуки, що характеризуються великою теплопровідністю. Другу групу утворюють рідини переважно змащувальної дії: мінеральні масла та їхні суміші, сульфозфрезол (осірчене мінеральне масло), рідина “Аквол-2” тощо.

У процесі оброблення чавунних заготовок застосовують охолодження гасом зі скипидаром або содовою емульсією. В окремих випадках чавун та інші крихкі матеріали обробляють без охолодження.

У разі роботи твердосплавними інструментами, МОР потрібна не стільки для запобігання перегріву інструментів, скільки для самої оброблюваної



заготовки, адже її застосування впливає на остаточні якості оброблених поверхонь.

Правильний вибір МОР – важливий фактор забезпечення високої стійкості інструменту та високої якості обробленої поверхні.

Таблиці рекомендованих МОР наводяться у довідниках.

У зону різання МОР підводиться такими способами:

*вільно падаючим струменем* (рис. 2.5, а). Рідина нагнітається з резервуара верстата насосом і через систему шлангів та напрямне сопло подається в зону різання (на стружку, в місце її загинання);

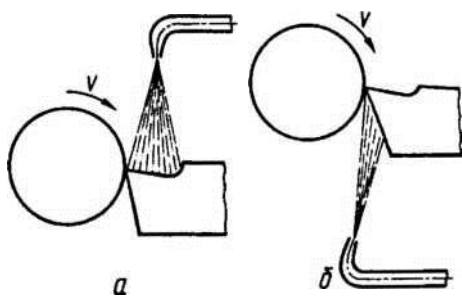


Рис. 2.5. Способи підведення МОР: а - вільнопадаючим струменем; б - високонапірним струменем

*високонапірним струменем* (рис. 2.5, б). Рідина подається від задньої поверхні різця через отвір малого діаметра сопла (0,2–0,4 мм) під тиском. За таких умов рідина інтенсивно проникає в зону стружкоутворення і, швидко випаровуючись, відводить більше тепла, ніж рідина, яку подають вільнопадаючим струменем;

*у розпиленому стані* за допомогою спеціальної установки. У процесі охолодження розпиленою емульсією найефективніше використовуються охолодні та мастильні властивості застосовуваних рідин. Емульсія подається в зону різання зі швидкістю до 300 м/с, що забезпечує інтенсивне відведення тепла від різця, заготовки й стружки. Подача МОР у розпиленому стані, порівняно з охолодженням вільнопадаючим струменем, у півтора-два рази підвищує стійкість інструмента зі швидкорізальної сталі.

Використана МОР потрапляє в корито верстата, далі через сито і фільтр знову надходить у резервуар. Очищення або регенерація рідини дає можливість використовувати її багаторазово.

В окремих випадках для охолодження і змащування інструмента застосовують не рідини, а мастило (наприклад, дисульфід молібдену MoS<sub>2</sub>) або струмінь холодного повітря. Тому в технічній літературі зустрічається також термін «мастильно-охолоджувальні засоби» (МОЗ).

## 2.4. Теплоота рiзання, спрацювання i стiйкiсть рiзця

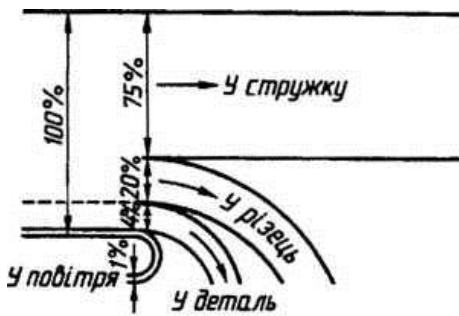


Рис. 2.6. Розподіл теплоти рiзання

Механiчна енергiя, затрачена на процес рiзання, перетворюється в тепло. У зонi рiзання виникає теплоота рiзання. Найсильнiше нагiвається стружка (до 75 % тепла, що видiляється), адже вона зазнає значної деформацiї. До 20 % тепла, що видiляється, сприймає рiзець, близько 4 % – оброблювана заготовка та близько 1 % витрачається на нагiвання навколишньої атмосфери (рис. 2.6).

Пiсля затуплення рiзця схема розподiлу теплоти рiзання дещо змiнюється: рiзець i заготовка нагiваються бiльше.

Сталева стружка, сходячи по переднiй поверхнi рiзця, встигає передати йому значну частину свого тепла. Тому iнструмент, нагiвшись вiд тертя й отримавши додаткове тепло вiд стружки, може перегрiтися i втратити свої рiзальнi властивостi. Рiзальна кромка перегрiтого iнструмента набуває синього вiдтiнку й оплавляється. Оплавлення рiзальної кромки є наслідком неправильного вибору режиму рiзання. Якщо рiзець не доведено до аварiйного руйнування (оплавлення), перегрiвання в цьому разi призводить до розм'якшення рiзальної кромки iнструмента i прискорення її спрацювання.

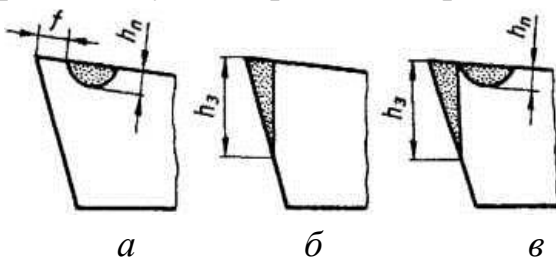


Рис. 2.7. Види спрацювання:  
а - по переднiй поверхнi (лунка);  
б - по заднiй поверхнi (площадка);  
в - по переднiй i заднiй поверхнях

На переднiй поверхнi рiзця стружка “випрацьовує” лунку завглибшки  $h_n$  (рис. 2.7 а). У разi подальшої роботи, заглибина збiльшується й може дiйти до рiзальної кромки та спричинити її руйнування. Але практично це не вiдбувається, оскільки iнструмент завчасно переточують по заднiй поверхнi. Лунка ж, збiльшуючи переднiй кут рiзця, полегшує процес рiзання, тому вона навіть корисна.

Тертя по поверхнi рiзання заготовки призводить до спрацювання задньої поверхнi рiзця: тут утворюється площадка заввишки  $h_3$  (рис. 2.7 б). Чим бiльшою є висота площадки, тим бiльшим буде тертя, вiдповiдно, бiльше нагiвання i швидше вiдбувається подальше спрацювання рiзця, розміри площадки збiльшуються, i це знову прискорює нагiвання та стирання iнструмента. Значна спрацьованiсть задньої поверхнi небезпечна для рiзця, оскільки може призвести до руйнування кромки. Спрацювання вiдбувається як по переднiй, так i по заднiй поверхнях (рис. 2.7, в).

Спрацьовуванiсть рiзця зумовлюється такими причинами:

– безпосереднiм дряпанням поверхнi iнструмента твердими частинками оброблюваного металу, через що спрацювання називається абразивним зносом.

Воно характерне для оброблення чавуну, який має абразивну здатність, тобто інтенсивно стирає поверхню інструмента;

– прилипанням розм'якшених від нагрівання частинок металу інструмента до стружки, що сходить, і до поверхні різання (адгезія). Чим сильніше нагрівання, тим інтенсивніше відбувається прилипання, а отже, й спрацювання інструмента через винесення частинок металу інструмента. Таке спрацювання називається *тепловим* або *адгезійним зносом*. Воно характерне для оброблювання сталі та інших в'язких металів.

Різець спрацьовується нерівномірно. У перші хвилини роботи інструмента швидко стираються шорсткості на лезі та знеуглеводнений під час загартовування тонкий шар. Це так званий *припрацювальний знос*.

Якщо процес спрацювання зобразити графічно (рис. 2.8), відкладаючи по горизонтальній осі час роботи інструмента  $T$ , а по вертикальній - спрацьованість по задній поверхні  $h_3$ , то припрацювальний знос відтворює лінія  $AB$  (зона  $I$ ).

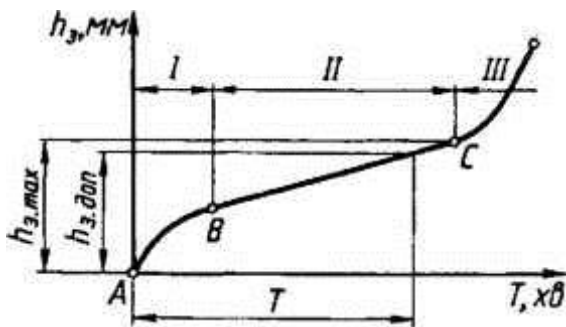


Рис. 2.8. Графік залежності спрацювання різця по задній поверхні від тривалості його роботи:  $I, II, III$  – відповідно, зони спрацювання, нормального спрацювання і руйнування (викришення);  $T$  - період стійкості

Згодом настає період нормального спрацювання, з часом висота площадки  $h$  рівномірно зростає (зона  $II$ , пряма  $BC$ ). Коли висота площадки досягає певного максимального значення  $h_{3, \max}$ , подальше перегрівання різця спричиняє різке зростання висоти площадки й руйнування різальної кромки (на графіку лінія спрацьованості йде стрімко вгору, зона  $III$ ). Щоб не допустити аварійного руйнування кромки різця, його завчасно переточують, тобто, коли спрацювання досягає певного допустимого оптимального значення  $h_{3, \text{доп}}$ . Нормативні значення допустимого спрацювання наводяться у довідниках. Наприклад, для прохідного твердосплавного різця перерізу  $16 \times 25$  мм допустиме спрацювання  $h_{3, \text{доп}} = 2$  мм по сталі й  $h_{3, \text{доп}} = 4$  мм по чавуну; для чистових прохідних, відрізних і різьбонарізних різців  $h_{3, \text{доп}} = 0,5$  мм і т. д.

Час роботи інструмента до спрацювання на значення  $h_{з.доп}$  називається *періодом його стійкості* або *стійкістю*  $T$ , хв. Інакше кажучи, стійкістю різця називається машинний час роботи різця до переточування. Переточування інструмента після спрацювання на задане допустиме значення  $h_{з.доп}$  називається *примусовим*. Воно забезпечує правильну експлуатацію різального інструмента.

Безпосередній контроль ступеня спрацьованості за допомогою оптичного приладу здійснюють у лабораторіях, а на виробництві застосовують інші способи оцінювання стану інструмента (так звані *критерії спрацьованості*).

Критерієм спрацьованості можуть бути покази амперметра, увімкненого в мережу статора електродвигуна. Такий прилад у сучасних верстатах міститься на електрощиті. У разі підвищеної спрацьованості інструмента одразу зростає потужність, що витрачається на процес різання; при цьому стрілка амперметра різко відхиляється.

Критерієм спрацьованості може бути також поява на обробленій поверхні блискучої смужки.

У масовому виробництві спочатку з'ясовують, скільки деталей можна виготовити до спрацювання інструмента на допустиме значення  $h_{з.доп}$ . Після обробки цієї кількості заготовок, інструмент знімають для переточування. Оцінка спрацьованості інструмента за кількістю оброблених заготовок називається *технологічним критерієм*.

Стійкість різального інструмента залежить від багатьох факторів: матеріалу інструментів та їх геометрії, оброблюваного матеріалу, режиму різання, якості МОР тощо. Найбільше на стійкість впливає швидкість різання: чим вона вища, тим більше енергії витрачається на процес різання, більше виділяється тепла, інтенсивніше відбувається знос – тепловий та абразивний - поверхонь, що зазнають тертя, і тим менший період стійкості.

***Запам'ятайте!*** Навіть невеликий приріст швидкості різання спричиняє значне зниження стійкості різця.

Наприклад, якщо швидкість різання під час роботи твердосплавним різцем збільшується вдвічі, то стійкість різця зменшується у 32 рази.

Підвищення стійкості, порівняно з нормативною, вимагає зниження швидкості різання, а отже, й продуктивності праці, що, в свою чергу, зумовлює зростання собівартості виробу.

## **2.5. Швидкість різання**

Швидкість різання, за якої собівартість виготовлення деталей буде мінімальною, називається економічною швидкістю різання  $v_{ек}$ . Стійкість інструмента, що відповідає економічній швидкості різання, називається економічною стійкістю  $T_{ек}$  (табл. 2.1). Рациональна експлуатація різального інструмента полягає у призначенні таких режимів різання, за яких інструмент

витримував би задану норму економічної стійкості. На основі експериментів виведено формулу для розрахунку швидкості різання за різних умов обробки:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} s^{y_v}} K_{\text{заг}} K_{M_v} K_{q_v} K_{\text{МОЗ}_v},$$

де  $v$  - швидкість різання, м/хв;

$C_v$  - коефіцієнт, який визначають за довідником, залежно від оброблюваного матеріалу та кута  $\phi$  різця: чим менший кут  $\phi$ , тим більша довжина різальної кромки бере участь у роботі, тим краще відводиться тепло від головки до державки; стійкість різця підвищується, і це дає змогу підвищити швидкість різання;

$T^m$  — стійкість інструмента; тут  $t$  - показник степеня, що характеризує інтенсивність зменшення стійкості в разі зростання швидкості (для швидкорізальних різців  $m = 0,125$ ; для твердосплавних  $m = 0,2$ );

$K_{\text{заг}}$  - коефіцієнт, який враховує наявність на поверхні заготовки кірки (для прокату та поковок - наклеп, для відливоків - окалина), для заготовок з кіркою  $K_{\text{заг}} = 0,8$  (швидкість різання зменшується на 20 %);

$K_{M_v}$  - коефіцієнт, який враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу (зі збільшенням границі міцності коефіцієнт зменшується);

$K_{q_v}$  - коефіцієнт, який враховує (тільки для швидкорізальних різців) переріз державки різця (за більшого перерізу державки коефіцієнт більший);

$K_{\text{МОЗ}_v}$  - коефіцієнт, який залежить від якості мастильно-охолоджувальних засобів (тільки для швидкорізальних різців): чим краще охолоджується різець, тим вищий коефіцієнт  $K_{\text{МОЗ}_v}$ .

Таблиця 2.1

**Середні значення економічної стійкості  $T_{\text{ек}}$  та економічної швидкості різання  $v_{\text{ек}}$  для різних інструментів**

Інструменти	Стійкість $T_{\text{ек}}$ , хв	Швидкість різання $v_{\text{ек}}$ , м/хв
Різці прохідні Р6М5	30...60	15...50
Різці прохідні Т15К6	60...90	120...350
Свердла Р6М5 для оброблення сталі	10...110	10...55
Свердла ВК6 для оброблення чавуну	40...80	50... 100
Зенкери Р6М5	30...100	10...40
Розвертки Р6М5 для оброблення сталі	40...120	2...15

Глибина різання  $t$  знаходиться у знаменнику формули. Це означає, що зі збільшенням площі перерізу стружки збільшується сила, що діє на різець, а також потужність різання; відповідно, збільшується теплота різання, що спричиняє розм'якшення і спрацювання різця. Для збереження заданої стійкості зменшують швидкість різання. Степеневий показник вказує на подвійний вплив глибини різання: збільшення глибини різання, хоча й підвищує теплоту різання, але завдяки збільшенню робочої довжини різальної кромки, поліпшує відведення тепла від головки різця (для твердого сплаву Т15К6  $x_v = 0,15$ ; для сплаву ВК6 і швидкорізальної сталі - відповідно 0,2 та 0,25).

Подача  $s$  також міститься у знаменнику формули. Це означає, що зі збільшенням подачі збільшується площа перерізу зрізуваного шару, а отже, знижується стійкість різця. Степеневий показник степеня вказує, що зі збільшенням подачі зменшується активність тепловіддачі від заготовки до різця (для сплавів Т15К6 і ВК6  $y_v = 0,2$ ; для швидкорізальної сталей  $y_v = 0,66$ ).

Показник степеня при глибині різання завжди менший від показника степеня при подачі, тобто  $x_v < y_v$ . Звідси випливає важлива закономірність різання під час точіння.

**Запам'ятайте!** Для підвищення швидкості різання за умови незмінної стійкості або для підвищення стійкості, в разі незмінної швидкості різання, треба збільшити глибину різання, відповідно зменшивши подачу.

#### Практичне заняття. Вибір інструмента та режиму різання

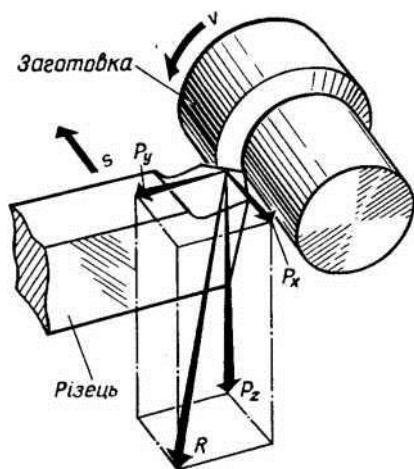
**Завдання.** На основі вихідних даних за своїм варіантом (див. Таблицю 2.2) вибрати конструкцію інструмента, визначити режим різання, спочатку аналітично, тобто розраховуючи швидкість різання за формулою, а потім - користуючись таблицями довідника токаря.

Таблиця 2.2

#### Варіанти даних до практичного заняття

Варіант	Вид заготовки, її характеристика	Вид обробки	Припуск, мм	Кількість проходів	Шорсткість поверхні $R_a$	Передній кут $\gamma$	Головний кут у плані $\phi$	Матеріал інструмента	МОР	Переріз державки різця, мм
1	Сталь 40Х $\sigma_B = 800$ МПа Поковка	Зовнішнє точіння $D_{заг} = 40$ мм	3	1	$R_a 12,5$	$-5^\circ$	60	Т15К6	-	16 × 25
2	Сірий чавун СЧ15 НВ190 Відливоч	Зовнішнє точіння $D_{заг} = 65$ мм	2,5	1	$R_a 12,5$	$8^\circ$	45	ВК8	-	16 × 25
3	Сталь 45 $\sigma_B = 650$ МПа	Зовнішнє точіння $D_{заг} = 20$ мм	2	1	$R_a 3,2$	$12^\circ$	90	Р9К6	Емульсія	16 × 25

## 2.7. Сили, що діють на різець. Потужність різання, момент різання



Оброблюваний матеріал чинить опір зрізуванню (сколюванню), і на різець діє *сила опору різання* (тиск стружки).

Ця сила складається із сили опору металу розриву в момент сколювання, сили опору стружки й сили тертя на робочих поверхнях різця. Сила опору різанню  $R$  спрямована перпендикулярно до передньої поверхні різця. Положення передньої поверхні різця у просторі залежить від поєднання переднього кута  $\gamma$  і кута нахилу різальної кромки  $\lambda$  (кількість поєднань необмежена), тому напрямок дії вектора сили опору різанню невизначений.

Рис. 2.10. Сили, що діють на різець

Вивчення і визначення сили опору різанню здійснюється за її проекціями на три вибрані осі. Ці проекції називаються *складовими силами опору різання* (рис. 2.10).

*Вертикальна складова* або *сила різання*  $P_z$  спрямована вертикально вниз, тобто лежить у площині різання (її вектор збігається з вектором швидкості різання). Сила різання  $P_z$  намагається зігнути, зламати різець (рис. 2.11), тому розрахунок різця на міцність виконують за силою  $P_z$ . *Реактивна сила*  $P'_z$ , що діє з боку різця на заготовку, перешкоджає обертанню заготовки, створюючи ефективний момент різання:

$$M_{\text{еф}} = \frac{P'_z \cdot D}{2 \cdot 1000}.$$

Одиницею ефективного моменту різання є ньютон-метр (Н-м).

Подолання моменту різання здійснюється завдяки крутному моменту, що прикладається до шпинделя верстата від електродвигуна.

*Горизонтальна складова* або *сила подачі*  $P_x$  – осьова сила, спрямована в бік, протилежний напрямку подачі, що перешкоджає рухові подачі. За цією силою розраховують механізм подачі верстата.

*Друга горизонтальна складова* або *радіальна сила*  $P_y$ , що спрямована вздовж осі різця, намагається відтиснути різець від заготовки. Вона сприймається болтами різцетримача.

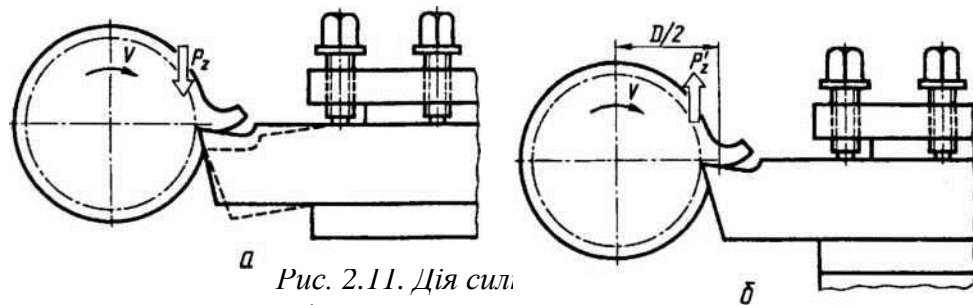


Рис. 2.11. Дія сил.  
а - прогинання різця; б - утворення крутного моменту різання

Сили  $P_z$ ,  $P_x$  і  $P_y$  взаємно перпендикулярні. Сила опору різанню  $R$  є їхньою геометричною сумою: за значенням і напрямком цю силу можна зобразити як діагональ прямокутного паралелепіпеда, побудованого на цих силах, як на сторонах (див. рис. 3):

$$R = \sqrt{P_z^2 + P_y^2 + P_x^2}.$$

Одиницею сили опору різанню є ньютон (Н).

Найбільшою за значенням є сила  $P_z$ . Якщо різець гостро заточено, а кут  $\varphi = 45^\circ$ , то приблизне співвідношення сил  $P_z : P_x : P_y = 1 : 0,4 : 0,25$ . Співвідношення сил  $P_x$  і  $P_y$  залежить від значення головного кута в плані  $\varphi$  (рис. 2.12): зі збільшенням кута  $\varphi$  зменшується сила  $P_y$  і збільшується сила  $P_x$ . Прохідні упорні різці, головний кут у плані яких  $\varphi = 90^\circ$ , працюють, не створюючи відтискнутих сил, тому їх застосовують для обточування нежорстких заготовок. Геометрична сума сил  $P_z$  та  $P_y$  спричиняє появу відтискнутих сил  $P_B$ , (рис. 2.13):

$$P_B = \sqrt{P_z^2 + P_y^2};$$

$$P_y = 0,4P_z;$$

$$P_B = \sqrt{P_z^2 + 0,16P_z^2} = \sqrt{1,16P_z^2} = 1,08P_z.$$

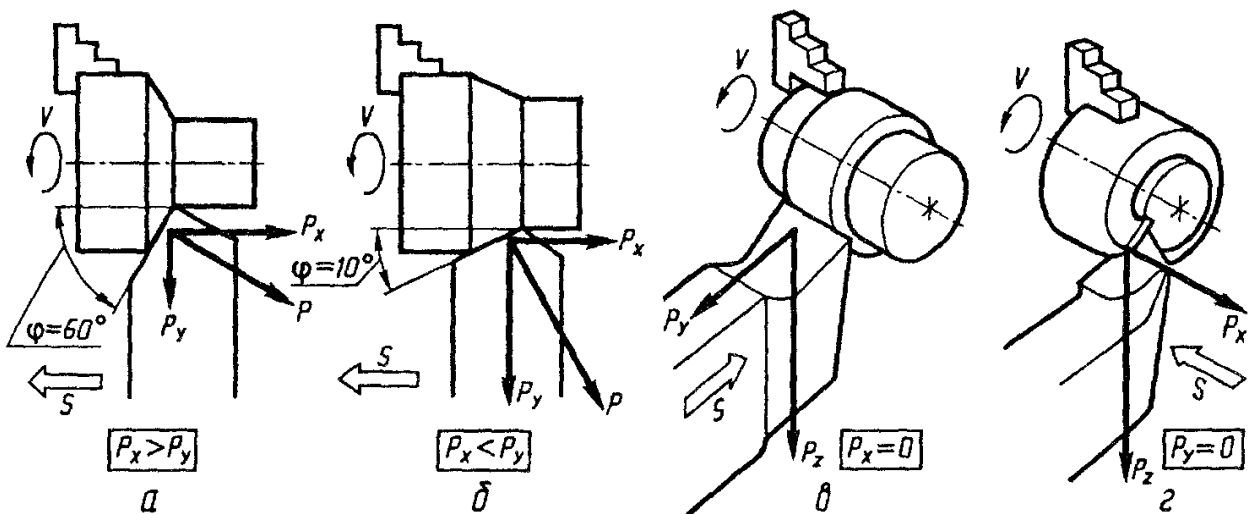


Рис. 2.12. Залежність сил подачі  $P_x$  і радіальної  $P_y$  від головного кута в плані  $\varphi$  різця, який становить, відповідно:

а -  $60^\circ$ ; б -  $10^\circ$ ; в -  $90^\circ$  (прохідний різець); г -  $90^\circ$  (прохідний упорний різець)



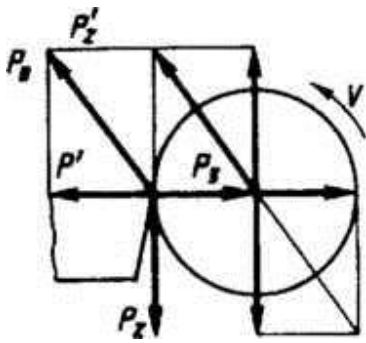


Рис. 2.13. Схема до розрахунку відтискної сили  $P_y$

Дія відтискної сили  $P_y$  призводить до бочкоподібності обробленого вала (рис. 2.14).

Сила різання  $P_z$  залежить, передусім, від оброблюваного матеріалу: чим вища механічна міцність матеріалу (характеризується границею міцності  $\sigma_B$  і твердістю НВ), тим вищий опір різанню, тим більша сила різання. На силу різання впливає також площа зрізу  $F = ts$ , тобто глибина різання і подача.

Сила різання визначається за емпіричною (дослідною) формулою:

$$P_z = C_{P_z} t \cdot s^{0,75} K_{MP_z} K_{\gamma P_z} K_{MOP P_z}, \text{ де } P_z \text{ -- сила різання, Н;}$$

$C_{P_z}$  – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу й головного кута в плані  $\phi$ ;

$t$  – глибина різання, мм;

$s$  – подача. Доведено, що подача менше впливає на силу різання, ніж глибина різання, тому у формулу подача входить із показником степеня 0,75;

$K_{MP_z}$  – коефіцієнт, що залежить від механічних властивостей оброблюваного матеріалу: чим вища границя міцності  $\sigma_B$  або твердість НВ, тим більший опір різанню чинить оброблюваний матеріал;

$K_{\gamma P_z}$  – коефіцієнт, що залежить від переднього кута  $\gamma$ : чим більший передній кут, тим легшими є умови для сходження стружки, що зменшує її деформацію; тому зі збільшенням переднього кута коефіцієнт зменшується. У разі роботи з від'ємним переднім кутом, стружка круто загинається, її деформація спричиняє додатковий опір і сила  $P_z$  збільшується, що й відображається збільшенням числового значення коефіцієнта  $K_{\gamma P_z}$ ;

$K_{MOP P_z}$  – коефіцієнт, який залежить від властивостей МОР: чим якісніша рідина, тим менше тертя на робочих поверхнях різця і, відповідно, менша сила  $P_z$ . Числові значення коефіцієнтів  $C_{P_z}$ ,  $K_{MP_z}$ ,  $K_{MOP P_z}$  та значення  $s^{0,75}$  наводяться у довідниках.

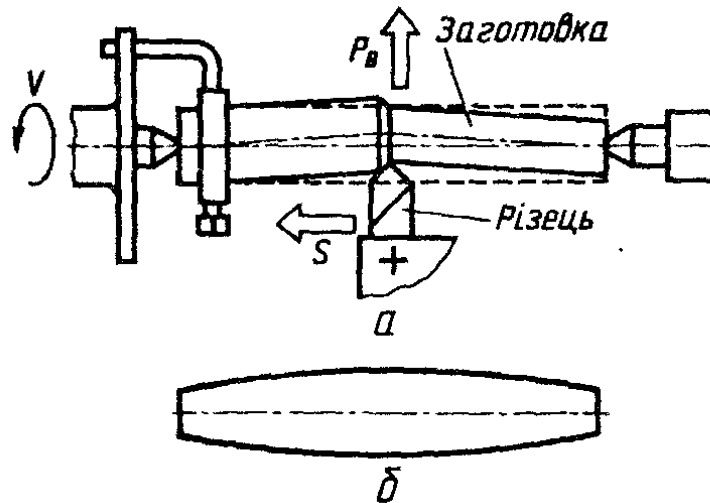


Рис. 2.14. Утворення бочкоподібності зовнішньої поверхні вала після обточування в центрах

Потужність різання  $N_{\text{еф}}$ , або ефективна потужність, одиницею якої є кіловат (кВт), дорівнює потужності, що витрачається на головний рух різання – обертання шпинделя:

$$N_{\text{еф}} = \frac{P_v}{60 \cdot 1000}.$$

Не вся потужність, створювана електродвигуном, витрачається на процес різання, тобто є ефективною: є втрати потужності в пасовій передачі, у підшипниках валів, зубчастих передачах. Тому для визначення потрібної потужності електродвигуна враховують коефіцієнт корисної дії (ККД) усього кінематичного ланцюга верстата (як правило, він змінюється в межах 0,7...0,85):

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{еф}}}{\eta}.$$

Як уже зазначалося, момент від реактивної сили  $P'_z$  (ефективний момент різання  $M_{\text{еф}}$ , Н·м) перешкоджає обертанню заготовки:

$$M_{\text{еф}} = \frac{P'_z D}{2 \cdot 1000}.$$

Для нормального процесу різання крутний момент на шпинделі, створюваний електродвигуном, повинен долати момент різання, тобто має виконуватися умова  $M_{\text{шп}} > M_{\text{еф}}$ .

Як відомо з механіки, крутний момент на валу  $M$  залежить від потужності, що передається на вал (у даному разі, на шпиндель) і від частоти обертання вала:

$$M \approx \frac{1000N}{n},$$

де  $M$  - крутний момент на валу, Нм;  
 $N$  - потужність, кВт;  
 $n$  - частота обертання вала, об/хв.

Отже, для нормальної роботи верстата має виконуватися умова: крутний момент на шпинделі має бути більшим за ефективний крутний момент:

$$\frac{1000N}{n} \geq \frac{P_z D}{2 \cdot 1000}$$

## 2. 8. Вібрації у процесі точіння та способи їх зменшення

Під час різання виникають вібрації інструмента й верстата, причинами яких можуть бути: коливання дії сил опору металу різанню в процесі сколювання елементів стружки; нерівномірний припуск на обробку; незрівноваженість патрона чи заготовки; зовнішні коливання, що передаються через фундамент від іншого устаткування, яке працює поблизу верстата.

Вібрації заважають нормальній роботі верстата, знижують якість обробки, прискорюють спрацювання деталей верстата, порушують безпеку праці.

Для зменшення вібрацій, що виникають за токарної обробки, застосовують такі прийоми:

- обточують нежорсткі вали різцями, що мають великі кути в плані ( $\varphi = 60-90^\circ$ ) і малі радіуси закруглення вершини ( $gr = 1-1,5$  мм);
- не допускають значного вильоту різця, своєчасно заточують і доводять його, дотримуючись заданої геометрії;
- своєчасно регулюють підшипники шпинделя верстата;
- для підвищення жорсткості поперечного супорта кладуть на нього якийсь вантаж (важку деталь);
- на палець повідкової планшайби або хвостовик хомутика надягають гумову втулку;
- надійно закріплюють верстат на фундаментних болтах з амортизаційними шайбами під затяжними гайками або встановлюють верстат на вібро-опори, тобто амортизаційні підкладки (рис. 2.15);

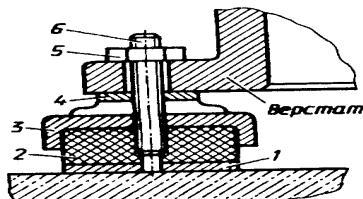


Рис. 2.15. Віброопора для встановлення верстата:

- 1 - підкладка; 2 - гумова вставка; 3 - обойма;  
4 - шайба; 5 - гайка;  
6 - гвинт

– патрони разом з планшайбами балансують (зрівноважують), на повідковій планшайбі закріплюють *проти ваги*, які зрівноважують масу хвостовика хомутика; обробляючи несиметричні заготовки, також встановлюють проти ваги;

- у разі оброблення валів, виліт пінолі задньої бабки має бути мінімальним,
- задня бабка надійно закріплена, а піноль застопорена.

Виліт різця не повинен перевищувати 1,5Н;

- виконуючи підрізні та відрізні роботи без

поздовжньої подачі, затискують каретку супорта. Коли працюють на верстаті, налагодженому за упором, без поперечної подачі, затягують клини поперечних ползків супорта;

– для чорнової обробки на задній поверхні різця доводять віброгасильну фаску (рис. 2.16, а); відбувається тертя фаски об оброблену поверхню, що дещо зменшує вібрації;

– для чистової обробки нежорстких валів застосовують різець з віброгасильним прорізом, в який вміщують дерев'яну або гумову вставку (рис. 2.16, б).

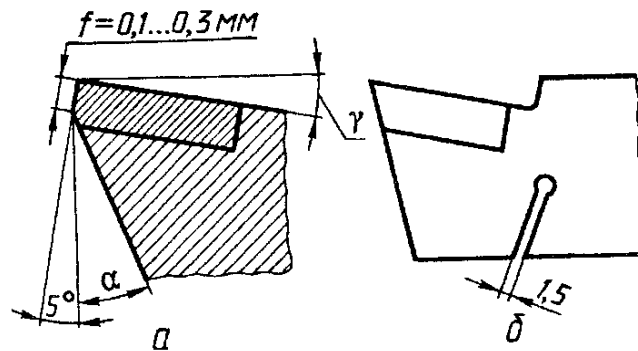


Рис. 2.16. Віброгасильні різці:  
а - з віброгасильною фаскою; б - з віброгасильним прорізом

Надійне гасіння вібрації забезпечують за допомогою спеціальних пристроїв - віброгасників. Конструкція віброгасника з підпружиненими роликowymi кулачками є модернізацією рухомого люнета (рис. 2.17). Силу притискування роликowych кулачків 5 до заготовки регулюють натискними гвинтами 3.

Віброгасник з тягарцем (рис. 2.18) також виготовлено на базі рухомого люнета токарного верстата (розробка криворізького токаря-новатора В. А. Бардінова). Замість верхнього кулачка люнета вільно встановлено штангу 3, в нижній кінець якої запресовано чавунний сухар 4. На штангу насаджено тягарець (шайбу) 2, який кріпиться гвинтом 1. Маса тягарця 5–6 кг. Штанга під дією власної ваги тягарця впирається сухарем в оброблювану заготовку і гасить вібрацію. Натискання штанги може спричинити деяке прогинання заготовки, тому такий віброгасник застосовують лише для чорнової обробки.

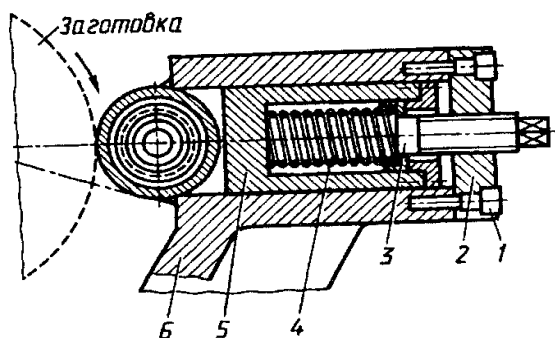


Рис. 2.17. Підпружинений кулачок люнета:  
1 - гвинт; 2 - кришка; 3 - натискний гвинт; 4 - пружина; 5 - роликочий кулачок; 6 - піноль

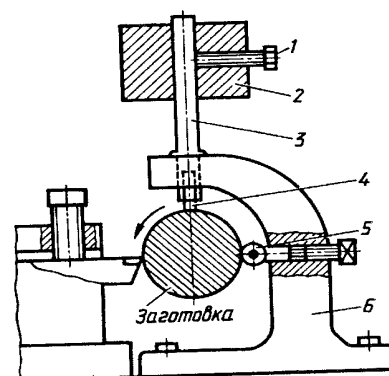


Рис. 2.18. Віброгасник з тягарцем:  
1 - гвинт; 2 - тягарець; 3 - штанга;  
4 - чавунний сухар; 5 - піноль з роликом; 6 - стояк

Крім того, застосовують *кульковий віброгасник* (рис. 2.19), який закріплюють у різцетримач. У додатковому тримачі на осі 8 вільно хитається серга 7, в якій на осі 6 встановлено ролик (шарикопідшипник) 5. У сергу вгвинчений стакан 4, розділений перегородкою 2 на дві порожнини: у нижню насипано кульки діаметром 12 мм, а у верхню – кульки діаметра 10 мм. У разі обточування нежорсткої заготовки, віброгасник спирається на поверхню заготовки, сприймаючи і гасячи вібрації масою кульок. Різний діаметр кульок сприяє гасінню вібрацій різної частоти. Залежно від діаметра заготовки і вильоту різця, регулюють положення ролика пересуванням його в пазу серги. Для закріплення віброгасника в різцетримачі призначена гайка, розміщена під головкою першого гвинта різцетримача. Коли операція не потребує віброгасіння (наприклад, під час обточування кінців заготовки), віброгасник відкидається назад.

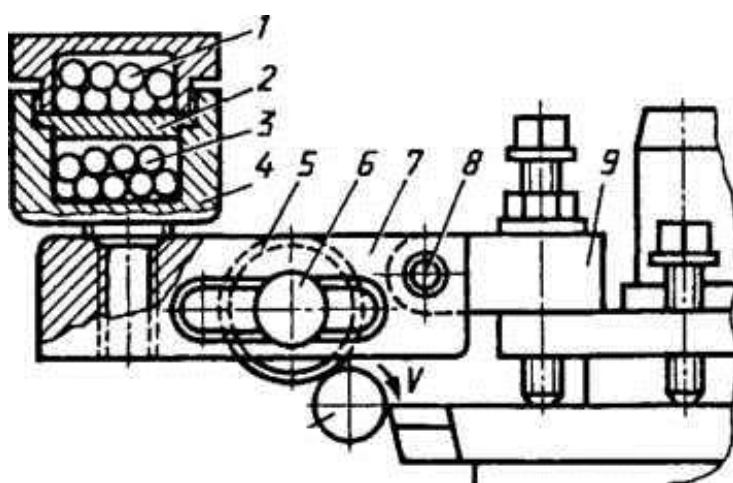
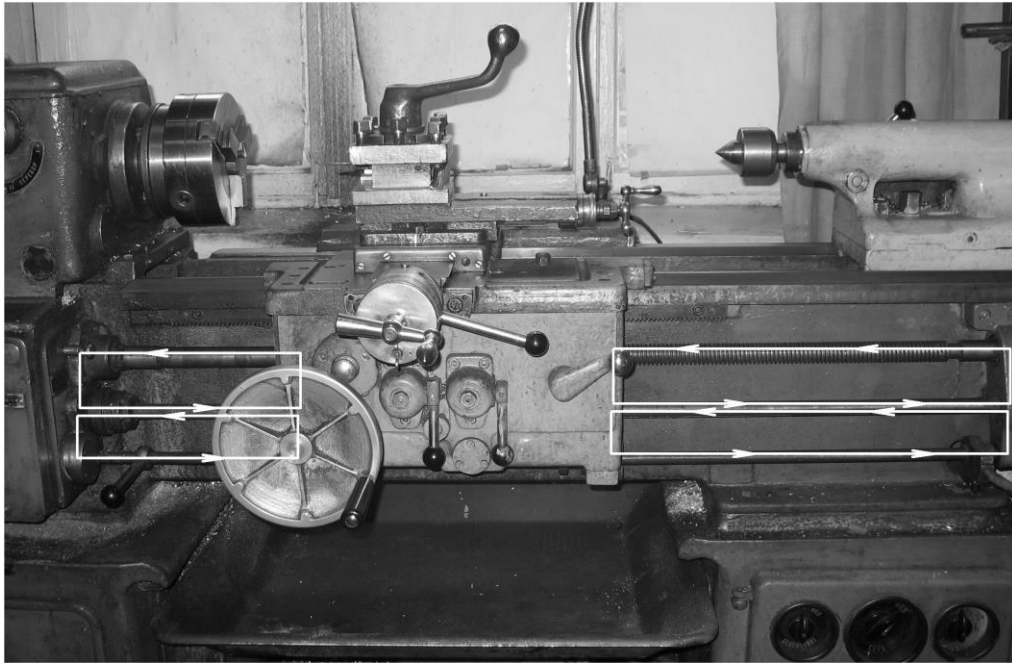


Рис. 2.19. Кульковий віброгасник: 1, 3 - кульки; 2 - перегородка; 4 - стакан; 5 - ролик; 6, 8 - вісь; 7 - серга; 9 - тримач

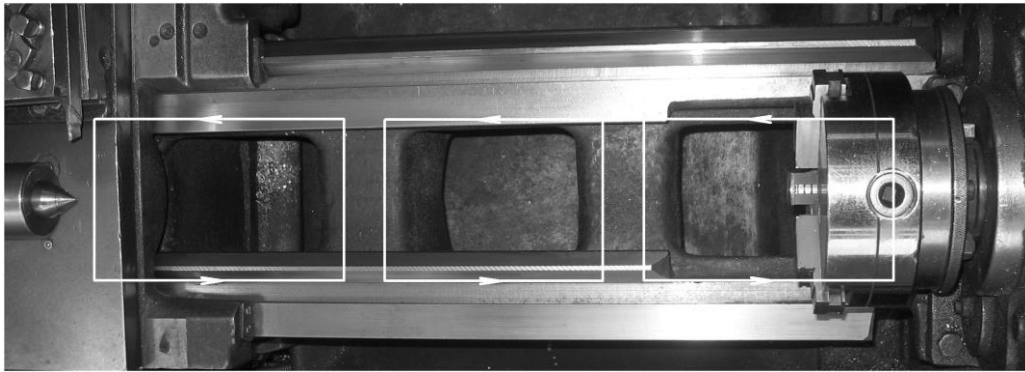
## 2. 9. Електрофізична модель абстрактного верстата

У загальному розгляді електрофізичних процесів, які відбуваються в масі верстата, виділити деяку конкретну конструкцію просто неможливо, з причини великої кількості їх різновидів.

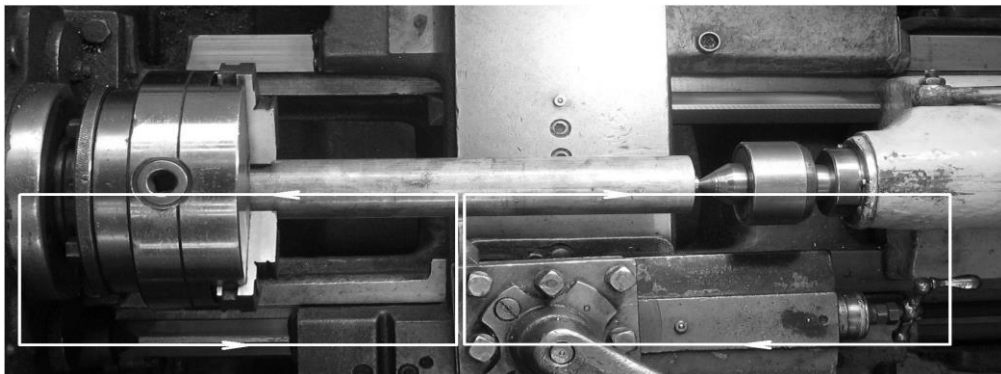
Основним чинником цієї проблеми є те, що велика кількість замкнених електричних кіл, які ще й мають сполученні ланки, призводить до того, що систему електричних зв'язків можна досліджувати лише у вигляді двополосників, триполосників та чотириполосників [10; 45]. Для доказу цієї тези розглянемо абстрактний верстат як низку електричних контурів, замкнених у деякому абстрактному об'ємі. Одразу ставимо умову: всі елементи об'єму є фізично адекватними відповідним елементам верстата. Спектри зовнішнього та внутрішнього електромагнітного поля (ЕМП) у цих електричних колах викликають зміни електрорушійних сил (ЕРС) та відповідні зміни контурних струмів. В основі цього полягають конструктивні особливості реального верстата (рис. 2.20).



а)



б)



в)

*Рис. 2.20. Типові замкнені електричні кола у верстаті, де: а) типові кола, пов'язані з рушійною системою; б) типові кола, пов'язані зі станиною верстата; в) типові кола, пов'язані з деталлю.*

Модель, що пропонується, є суто абстрактною, оскільки не враховує конкретну геометрію верстата, однак, головне в такому моделюванні – це максимальне наближення до електрофізичних процесів, які відбуваються в середовищі металевих мас з великими об'ємами. Відповідно до цієї тези,

координати побудови моделі слід розглядати як криволінійні. Якщо розглянути типову схему вимірювання термоЕРС (рис. 2.21), то не важко помітити, що вона є фрагментом загальної електрофізичної моделі верстата.

Насамперед, потрібно звернути увагу, що при обробці металу і виготовленні точних деталей важливим є визначення руху інструмента в робочому просторі верстата [10]. Варто розглянути технологічний процес обробки деталі приладами, що контролюють межові ситуації, які є, по-перше, малочутливими, а, по-друге, реєструють вже завершений акт дії. Така система контролю не задовольняє основної вимоги виробництва – попередження критичних ситуацій.

Перевагою цих методик контролю та вимірювання з технології теорії тонкого торкання (ТОНТОР) [12], у порівнянні з існуючими, є швидкість, з якою вона визначає, реагує на будь-які відхилення від заданого технологічного режиму обробки. Окрім того, методики дають змогу оцінювати плинну ситуацію технологічного процесу виготовлення деталей і заздалегідь передбачати аварійну ситуацію процесу або всієї технологічної системи, що має значно підвищувати точність обробки.

Первинна оцінка якості процесу металообробки отримується на етапі входження інструмента в повний робочий режим із силовим навантаженням. Отримати якісний аналіз з цього перехідного процесу неможливо, за відсутності точної інформації про момент торкання інструмента та деталі. Систем, які визначають момент токання інструмента і деталі, розроблена невелика кількість.

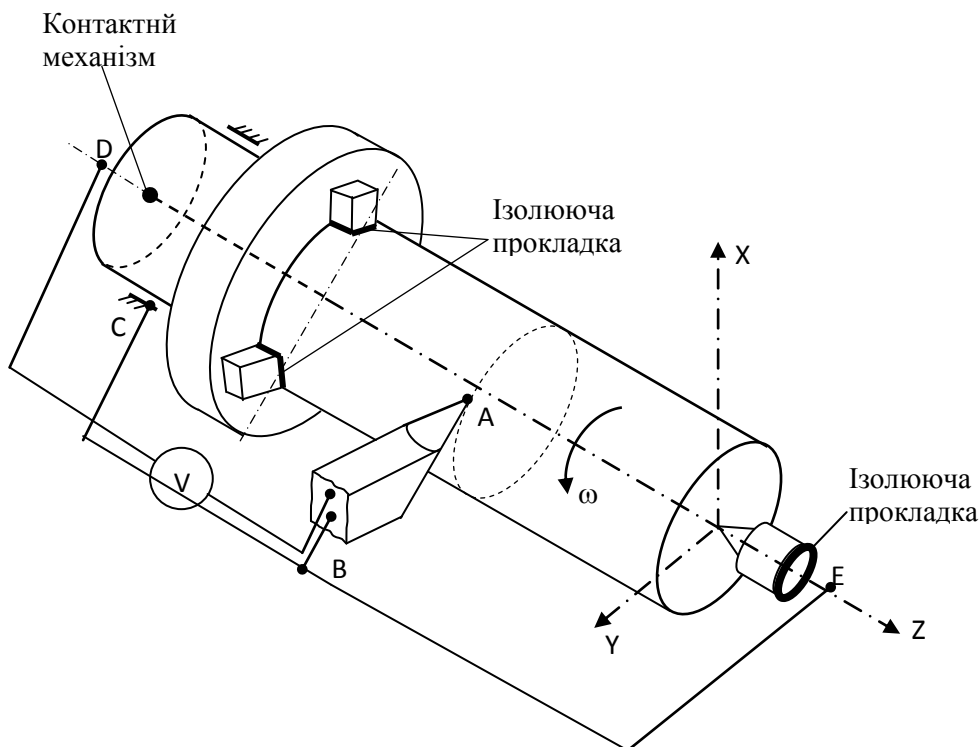


Рис. 2.21. Типова схема вимірювання термо ЕРС, за якою виникає контурна ЕРС під дією ЕМП

До найпростіших систем торкання, що працюють у наш час, треба віднести такий прилад, як вісь – центр (ACCU CENTER) (рис.2.22). Ця система

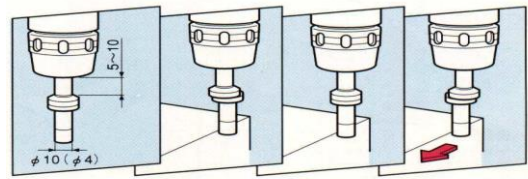
відноситься за запропонованою класифікацією до пасивних вимірювальних головок (ПВГ). За конструкцією, це є два циліндричні елементи, зчеплені пружним елементом.



а)



б)



г)

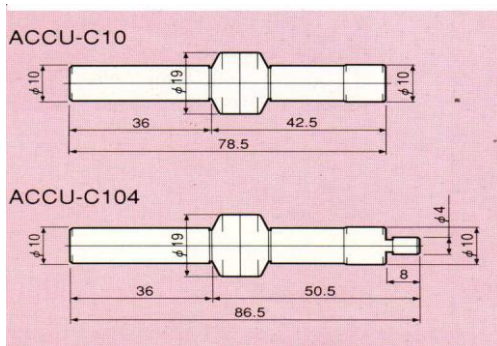
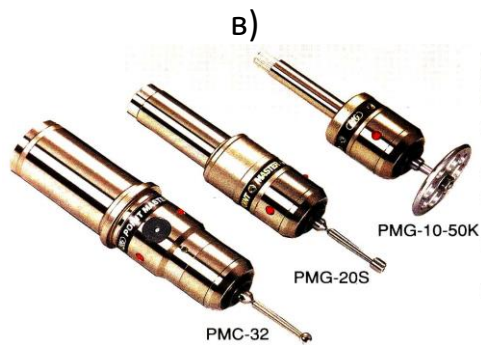
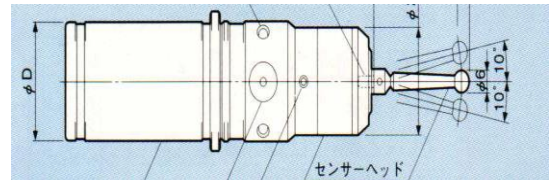


Рис.2.22. Механічна система торкання «ACCU CENTER»,

де а – позиціювання у шпинделі,  
б – загальний вигляд, в – конструкція,  
г – принцип дії



а)



б)



в)

Рис.2.23. Вимірювальна головка «POINT MASTER»,

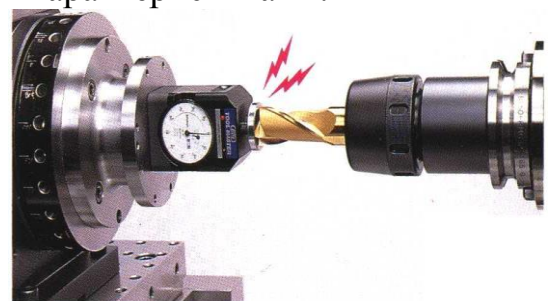
де а – загальний вигляд, б – схема дії щуп-штанги (амплітуда відхилення),  
в - позиціювання у шпинделі



Один із циліндрів встановлюється в позицію інструмента, другий, що з'єднаний з ним, торкається поверхні деталі. Торкання визначається як зрушення другого циліндра із свого місця базування. Для спрацьовування цієї системи необхідно забезпечити обертання обох циліндрів або деталі. Введення у конструкцію цих приладів важільних механізмів утворює ще один різновид. Це різні за конструкцією мікрометричні прилади, які можуть бути встановлені як на місце кріплення інструмента, так і на місце кріплення деталі [12]. Позитивною рисою цих приладів є можливість реєстрації не тільки моменту торкання, а й плинного відхилення розміру, що часом є дуже зручним при використанні ПНВ (TOOL MASTER) (рис.2.24). Недоліком таких пристроїв є не дуже задовільна точність, яка коливається, як правило, в межах 1,0...10,0 мкм і здебільшого залежить від навичок оператора. Наступним етапом у розвитку цих приладів було введення прецизійних контактних груп у механіку гнучкої підвіски (POINT MASTER [рис.2.23], BASE MASTER [рис.2.25], LATHE MASTER [рис.2.26], MASTER BLOCK [рис.2.77]). Всі ці прилади мають дуже високу точність (в межах 1 мкм) та світлову сигналізацію моменту торкання. За функціональним призначенням, це:

- пасивні вимірювальні головки - POINT MASTER (рис.2.10);
- пасивні нульові бази - BASE MASTER (рис.2.25), LATHE MASTER (рис.2.26), MASTER BLOCK (рис.2.27) - які не мають ніякого зв'язку з системою керування і використовуються тільки за ручного налагоджувального процесу.

Наступним розвитком систем торкання є межові чутники торкання. Найпростіший з них зображений на рис.2.27 (D5C) і являє собою удосконалений електроконтактний елемент. За прийнятою класифікацією, цей чутник відноситься до АВГ, тому що має електричний зв'язок із системою керування. Основним вадою такого типу приладу є дуже незначна точність, в межах – 1мм. Найкращі за конструкцією прилади подібної дії мають цей показник у межах – 100–200мкм. Вади в точності цих систем чутників дають змогу використовувати їх тільки на допоміжних технологічних операціях невеликої точності. Використання прецизійної механіки, як у попередніх приладах, і об'єднання їх зі складними електронними схемами дає змогу будувати системи АВГ з високими точносними характеристиками.



а) Рис. 2.24. Механічна нульова база «TOOL MASTER»,  
де а – зовнішній вигляд; б, в – приклади використання

б)



BM-1008648  
a)



б)



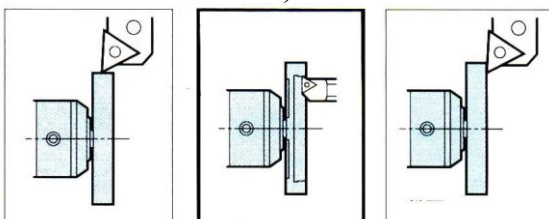
Рис. 2.25. Електромеханічна нульова база «BASE MASTER», де а – зовнішній вигляд; б, в – приклади використання



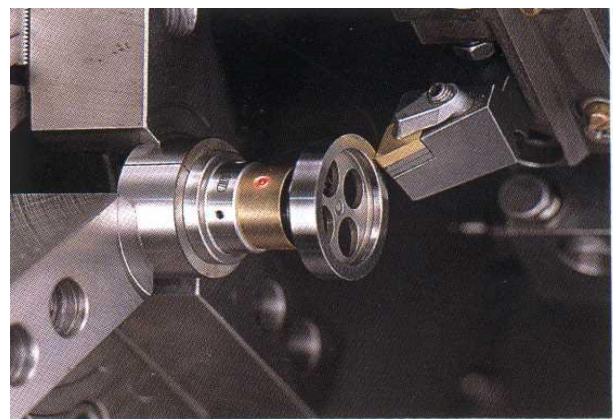
б)



a)



в)



б)

Рис.2.26 Токарний «LATHE MASTER», де а – зовнішній вигляд, б – позиціювання у верстаті, в – торкання інструмента для визначення координат

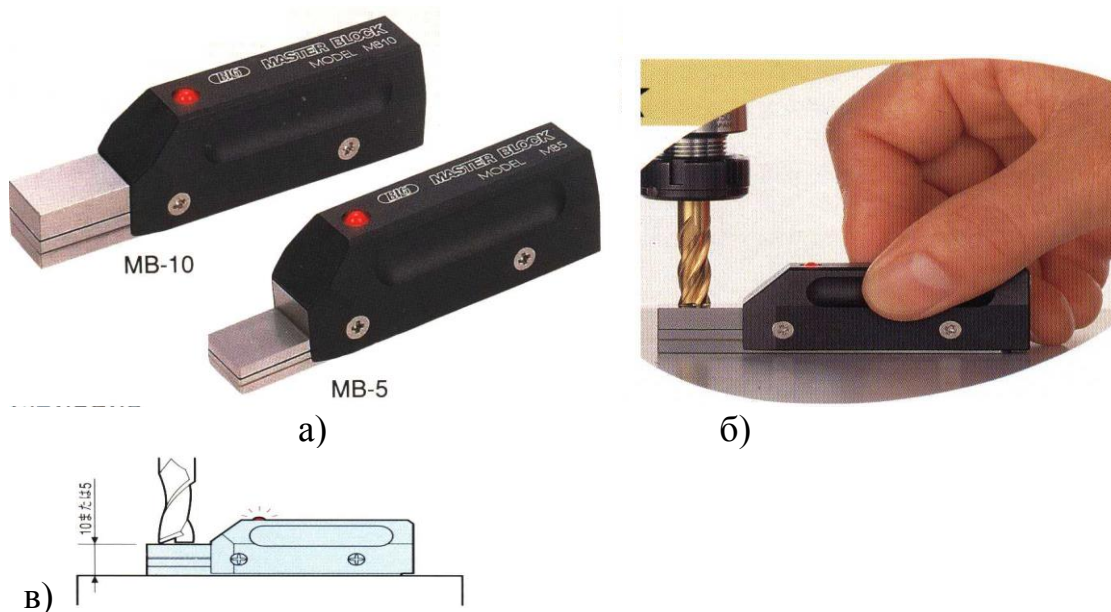


Рис.2.27. Ручний калібр «MASTER BLOCK», де а - зовнішній вигляд, б – позиціювання на верстаті, в – торкання інструмента для визначення координат

Але низка конструктивних недоліків та складність використання при встановленні на обладнанні заважають їх широкому розповсюдженню у виробництві [10,11,12,13,26,45].

Якщо звернути увагу на конструкційні особливості металообробних верстатів, то можна констатувати той факт, що існують три системи координат, незамкнених між собою:

- механічна система координат зі своїми рушіями, і на другому рівні – система координат інструмента;
- електронна система координат, яка відслідковує координати розташування рухомих вузлів верстата;
- система координат деталі, що лише приблизно зв'язана з двома попередніми.

Механічна система координат верстата будь-якої точності виконання має кінцеві похибки виготовлення. Здебільшого, всі ці похибки є наслідком самої конструкції верстата як такого. Тому всі похибки, які має верстат, окрім механічної точності виготовлення деталей, мають ще дві:

- кінцева пружність деталей, що мають ваду деформуватися під дією стискання або розтягання;
- точність збирання, що має проблему додержання розмірів кутів між робочими осями та віссю робочого інструмента і шпинделя верстата.

До всіх цих похибок додається ще й координатна система інструмента, яка завжди має визначену прив'язку до системи координат верстата.

Особливу надію свого часу було покладено на електронну систему виміру координати, але навіть вона не змогла повністю вирішити всі проблеми, оскільки має свої недоліки. Оскільки електронна система пов'язана з

механічною системою верстата, вона частково перейняла на себе його похибки, а також має ваду збою та похибок накопичувального характеру. Все це призводить до того, що систему керування верстатом необхідно постійно «обнулювати».

Система координат деталі є відносно пов'язаною з системою координат верстата. Тому орієнтування інструмента на деталь відбувається посередньо. При цьому виготовлення деталі та оцінка її точності відбувається за ланцюжком: електронна система координат → механічна система верстата → деталь. Тобто в такій системі відсутній зв'язок, який дав би змогу зв'язати всі координати в одне ціле.

Якщо ми уявимо за теорією винахідництва ідеально кінцевий результат, що геть усі координатні системи, які брали участь у виготовленні деталі, були ідеальні з будь-якого погляду, то й деталь повинна бути ідеальною. Таку деталь, в якій неможливо знайти дефекти або похибки за будь-якого способу контролю, будемо вважати ідеальною, а такою ж є її система координат.

У разі, коли ми маємо певні відмінності, які нас не задовольняють, то єдиний висновок, який можна зробити – це незадовільна якість інших координатних систем. Суть цього явища полягає в наступному: образ деталі, що зберігається у пам'яті системи ЧПК, є ідеальним, оскільки він дає опис ідеальної деталі. Але існує ще й чинник інтерпретації цього образу, тобто похибки, з якими система ЧПК реалізує деталь через свої чутливі елементи. Тобто тут ми маємо справу з уявною системою координат. Вона пов'язана з механічною, а та, в свою чергу, – із системами координат інструмента й системою координат деталі, отже це є жорстка або реальна система координат [10, с.102].

Велика гама приладів, розроблених для реєстрації моменту торкання, надає широкі можливості їх використання в різних технологічних процесах.

Така різноманітність як наслідок породжує необхідність побудови різнобічних методик щодо їх застосування для отримання належних результатів при виготовленні виробів [11,12,13,45].



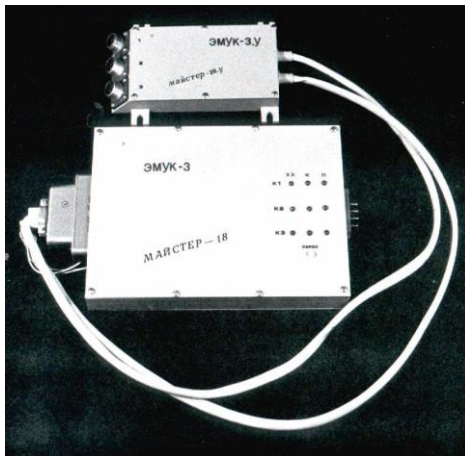
а)



б)

Рис. 2.28. Універсальний налагоджувальний комплект “МАЙСТЕР - 1” для вимірювань у ручному режимі при металообробних операціях, де:

а) комплект, б) контрольно-вимірювальний прилад



а)

б)

Рис. 2.29. Прилад «МАЙСТЕР – 18» для металообробних операцій на автоматизованих CNC верстатах, де: а) блоки підсилення та обробки, б) багатошпindelьна свердлувальна головка з відчутниками

Оскільки існує поділ виробництва на способи виробництва, то спочатку розглядається найпростіший, ручний, тобто на універсальному обладнанні. За такого способу виробництва найбільш ефективні та дешеві прилади – «МАЙСТЕР-1», «МАЙСТЕР-2», «МАЙСТЕР-3» [10;11].

При цьому точність виготовлення деталей типу «вісь» складає 3–5 мкм від номінального розміру, що в порівнянні зі стандартним процесом без використання системи становить 10-15 мкм (перевірка відбувалася на координатно-вимірювальній машині). За запропонованими методиками було проведено багато дослідів на верстатах різного типу (фрезерні, токарні, свердлувальні). Система оцінки має високу надійність напрацювання на відмову – 99%, що підтверджує доцільність широкого застосування в автоматизованому виробництві.

Для визначення правильності розташування робітники повинні увімкнути головний рушій, визначаючи межу коливань заготовки у патроні (при токарному процесі), і торкнутись різальним інструментом деталі для подальшого визначення розмірів режиму обробки. Для фрезерних верстатів потрібно робити теж саме. Торкання у обох випадках необхідно для прив'язки інструмента і деталі до координатної системи верстатів.

У подальших технологічних операціях обробки робітник постійно користується методологією торкання інструмента і виробу з метою отримання необхідного розміру. При такому способі виробництва точність отримання кінцевого розміру виробу не дуже висока, але надто тривала в часі.

Так, створення будь-якого сучасного технічного пристрою, приладу або навіть виробничої лінії не може бути реалізоване без широкої гами чутників, які виконують дуже специфічну роль у їх роботі [10, с. 46-53].

### Контрольні запитання

1. Що є предметом «Теорії різання металів»? Як проходить процес утворення стружки? Назвіть види стружок.
2. Чому на обробленій поверхні утворюється наклеп і як він впливає

на механічну характеристику заготовки?

3. Яку роль відіграє мастильно-охолоджувальна рідина? Назвіть способи її підведення в зону різання.

4. Чому виникає теплота різання і як вона розподіляється?

5. Пояснити векторну блок-діаграму трикоординатної системи верстата.

6. Навести приклади приладів, розроблених для реєстрації моменту торкання інструмента до деталі.

7. У чому полягає типовий шлях створення пристроїв та систем контролю фізико-хімічних процесів.

8. Чим відрізняється узагальнений ідеалізований шлях створення пристроїв та систем контролю фізико-хімічних процесів?

## РОЗДІЛ 3. ВІДОМОСТІ ПРО СЛЮСАРНУ ОБРОБКУ

### 3.1. Польова структура різального інструмента і деталі

Електромагнітна польова структура різального інструмента і деталі є дуже важливим параметром у процесі металообробки. Саме в цій зоні відбуваються процеси руйнування надлишкової маси заготовки та процеси торкання поверхні деталі вимірювальними інструментами.

Отже, форма зони польової структури (ЗПС) або панданної зони (ПЗ) визначатиме точність отриманого виробу. Різальний інструмент як засіб отримання деталей необхідної форми виконує низку специфічних рухів у просторі, знищуючи надлишковий матеріал заготовки. Для того, щоб інструмент мав можливість реалізувати процес формотворення деталі, він повинен мати відповідний об'єм у просторі верстата. Форма та параметри цього об'єму мають відповідати технологічним задачам, запланованих до виконання означеним верстатом. Якщо не дотримуються ці умови (об'єм), то верстат або не виконує свої технологічні завдання, або це призводить до аварійної ситуації.

Об'єм, у якому рухається інструмент, становить зону його специфічної польової структури. Специфіка цієї зони інструмента полягає в тому, що при процесі формотворення вона має дві властивості: по-перше, вона повинна бути максимально точною геометрично, оскільки визначає кінцеву точність деталі, по-друге, ця польова структура різального інструмента руйнує польову структуру заготовки або деталі та створює нову з новою геометрією.

Для того, щоб зрозуміти ці нюанси взаємодії, звернемося до конкретних прикладів. Спочатку розглянемо токарну обробку (рис. 3.1). При токарній обробці деталь, що обертається, створює навколо себе ПЗ, на товщину якої впливає ексцентриситет кріплення осі, хвилястість поверхні деталі та її шорсткість [11, с. 209].

У процесі різання інструмент, наприклад, проходить відстань  $l$  з подачею  $S_i$ . При цьому він утворює нову поверхню деталі зі своєю ПЗ. Вочевидь, інструмент при цьому руйнує первинну польову структуру деталі за допомогою своєї польової структури. При цьому польова структура інструмента приблизно становитиме:

$$П_i = (l + l_i) \cdot h_i \cdot d_i + V_{об.i}, \quad (3.1)$$

де  $V_{об.i}$  – об'єм інструмента.

Залежність (3.1) показує величину ПЗ інструмента лише при робочому ході під час різання. Але для того, щоб потрапити в цю зону, інструмент повинен виконати складну траєкторію руху зі системи накопичення. Наприклад, якщо він знаходиться у револьверній головці верстата, він повинен виконати обертальний рух, перш ніж потрапити до своєї робочої ПЗ.

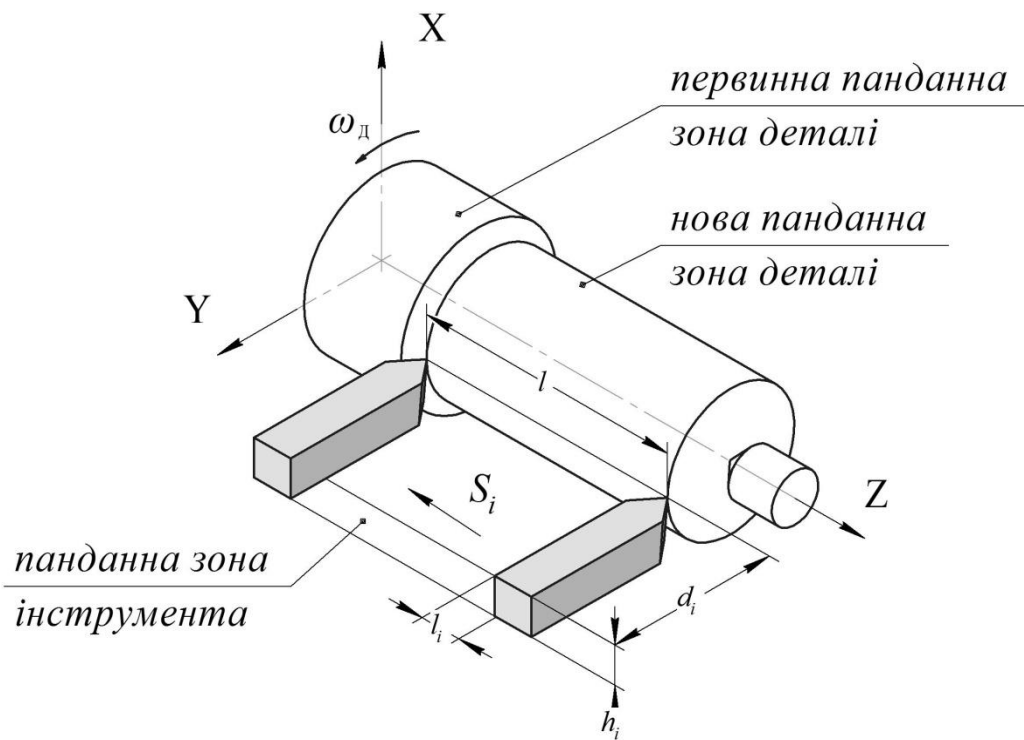


Рис. 3.1. Польова структура (панданна зона) токарного інструмента

Окрім того, його ПЗ перетинає ПЗ інших інструментів. Якщо це не буде враховано, виникне аварійна ситуація. Визначитися з перетином подібних ЗПС можливо лише за знанням законів руху інструмента, тобто координат миттєвої присутності його маси.

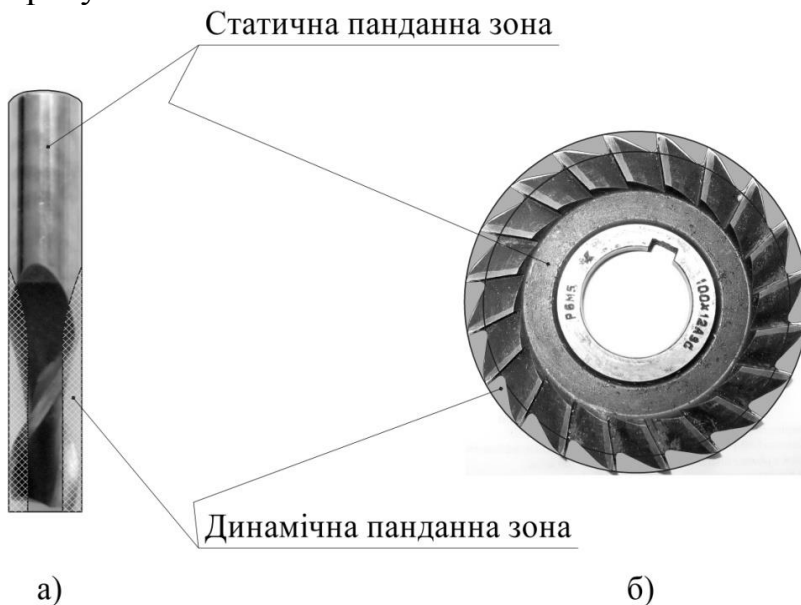


Рис.3.2. Первинні ЗПС (панданні зони) фрезерного інструмента, де:  
а) пальцева фреза; б) дискова фреза

Фрезерна обробка має інший характер і, як наслідок, свої специфічні особливості. Ці особливості, в першу чергу, стосуються фрезерного інструмента (рис. 3.2; 3.3) [11, с. 210]. На відміну від токарної обробки, у фрезерній обертається інструмент, а не деталь, яка, зазвичай, виконує зворотно-поступальні



рухи. Тому фрезерний інструмент створює свою ЗПС на засадах різальних зубців.

Отже, у фрезерного інструмента можна виділити дві підзони:

- статична польова структура, яка бере посередню участь у силовій конструкції фрези.
- різальні зубці, які саме своєю конфігурацією створюють динамічну польову структуру, що бере безпосередню участь в обробці деталі.

На утворення геометрії динамічної польової структури фрези впливають ті ж чинники, що й для всіх тіл, які обертаються навколо своєї осі. Для фрез це, насамперед, точність формоутворення і, по-друге, ексцентриситет обертання. Для дискових фрез ще додається відхилення по торцю. Врахувати розміри ЗПС фрези вкрай важко. Можна лише зробити її приблизну оцінку. Причиною цієї проблеми є емпіричний розрахунок форми інструмента, який не піддається опису через сувору математичну залежність.

Рух фрез як таких має зворотно-поступальний та плоско-паралельний характер (рис. 3.3).

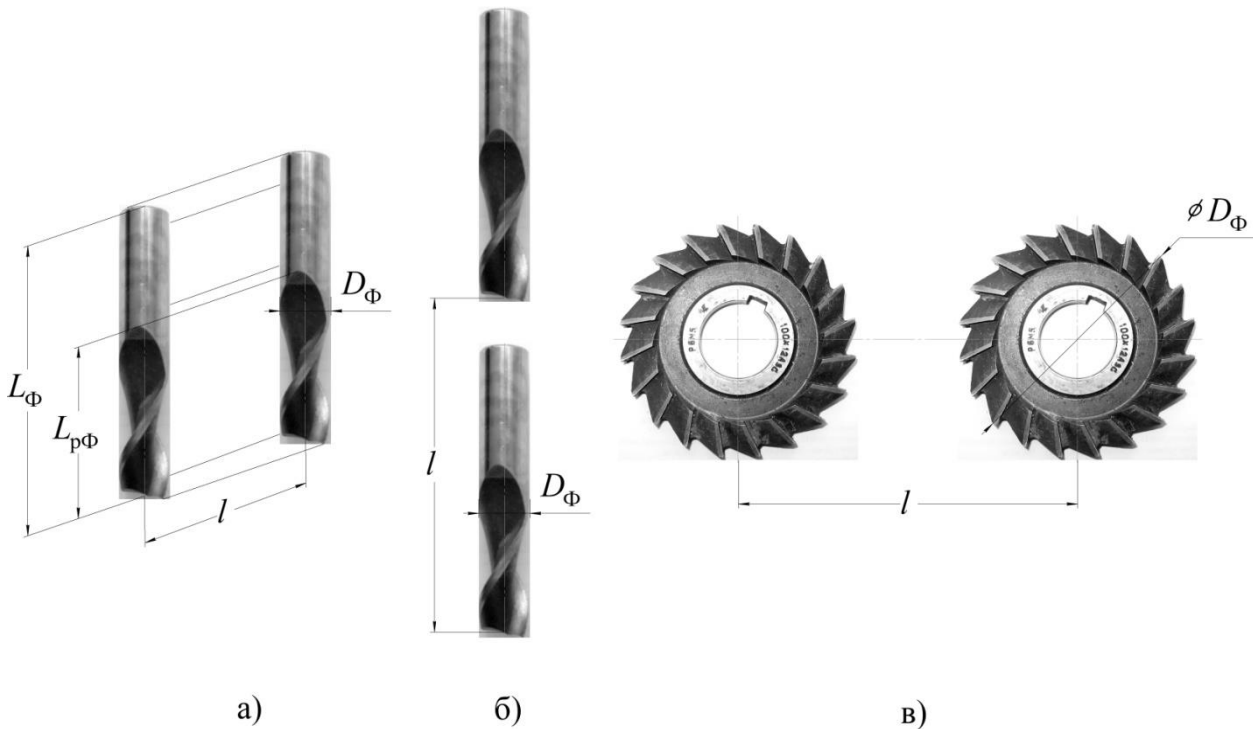


Рис. 3.3. Зона польової структури (панданна зона) фрезерного інструмента, де: а), б) зона пальцевої фрези; в) зона дискової фрези

При плоскопаралельному русі пальцевої фрези (рис. 3.3,а) приблизна величина загальної ПЗ може бути визначена за виразом:

$$\ddot{I}_{\delta} = l \cdot L_{\delta} \cdot D_{\delta} + \frac{\pi D_{\delta}^2}{4} \cdot L_{\delta}, \quad (3.2)$$

де  $l$  – довжина робочого проходу фрези,

$L_{\phi}$  – загальна довжина фрези,

$L_{р\phi}$  – довжина різальної частини фрези,

$D_{\phi}$  – діаметр фрези. Динамічна зона при цьому матиме такі розміри:

$$\ddot{I}_{\phi} = l \cdot L_{\phi\phi} \cdot D_{\phi} + \frac{\pi D_{\phi}^2}{4} \cdot L_{\phi\phi}. \quad (3.3)$$

При зворотно-поступальному русі (рис.3.3,б) пальцевої фрези приблизна величина загальної ЗПС може бути визначена за виразом:

$$\ddot{I}_{\phi} = l \cdot \frac{\pi D_{\phi}^2}{4} + \frac{\pi D_{\phi}^2}{4} \cdot L_{\phi}. \quad (3.4)$$

Для дискової фрези ЗПС становитиме:

$$\ddot{I}_{\phi} = D_{\phi} \cdot l \cdot h_{\phi} + \frac{\pi D_{\phi}^2}{4} \cdot h_{\phi}, \quad (3.5)$$

де  $h_{\phi}$  – товщина фрези.

Як і при токарній обробці, процес формотворення деталі відбувається при перерізі зони польової структури деталі зоною польової структури інструмента.

Отже, як наслідок, після обробки деталь отримує нову польову структуру, цілком залежну від точності виконання її форми та шорсткості поверхні відносно режимів обробки.

Свердлування як різновид механообробки є найпростішим з огляду на створювану свердлом ПЗ, хоча і є певна подібність з фрезеруванням (рис.3.4а,б). Не важко помітити, що свердло за своєю конструкцією дуже нагадує пальцеву фрезу (рис.3.3). Так само, як і фреза, свердло має дві підзони. Статична підзона, яка є посередником передачі енергії в динамічну зону, хоча й не бере безпосередню участь у формуванні отвору, є важливою частиною конструкції інструмента. Як і для фрези, розміри ПЗ визначаються точністю виконання геометрії та ексцентриситетом осі обертання.

Приблизно визначитися з розмірами ПЗ свердла (рис.3.4,б) можна за виразом:

$$\ddot{I}_{\phi} = \frac{\pi D_c^2}{4} (l + L_c - h). \quad (3.6)$$

Особливістю ЗПС при свердлуванні є те, що зона зробленого отвору практично співпадає з динамічною підзоною свердла. Аналогічне явище можна спостерігати при торцевому фрезеруванні пальцевою фрезою або зенкуванні отворів. Кількість подібних випадків у металообробці досить обмежена.

Виходячи зі сказаного, можна додати ще технологічну операцію з розгортання отворів, яка виконується розгорткою. У такому разі спостерігається дуже велика точність геометрії поверхні, яку утворює ПЗ інструмента. При підведенні загального підсумку необхідно зауважити, що у виразах (3.5; 3.6) відсутня складова компонента, котра дає опис дефектів геометрії та ексцентриситету інструмента одночасно з його шорсткістю. Основна причина - у неможливості передбачити ці параметри заздалегідь, і це складає низку труднощів при розрахунках. У такому разі розрахунки легше замінити експериментальними дослідженнями з наступним записом результатів у систему CNC верстата.

Розподіл маси технологічного об'єкта (ТО) у його ПЗ є дуже складне фізико-технічне явище, оскільки маса ТО у цьому випадку є мінливою. Єдине явище, на яке можна більш-менш спиратися, це періодичність появи маси ТО.

Узагалі, така періодичність більш наочно може бути розглянута через об'єкти, що обертаються навколо деякої осі. Зазвичай, це центрально-симетричні осі, навколо яких обертається динамічно-збалансована маса ТО.

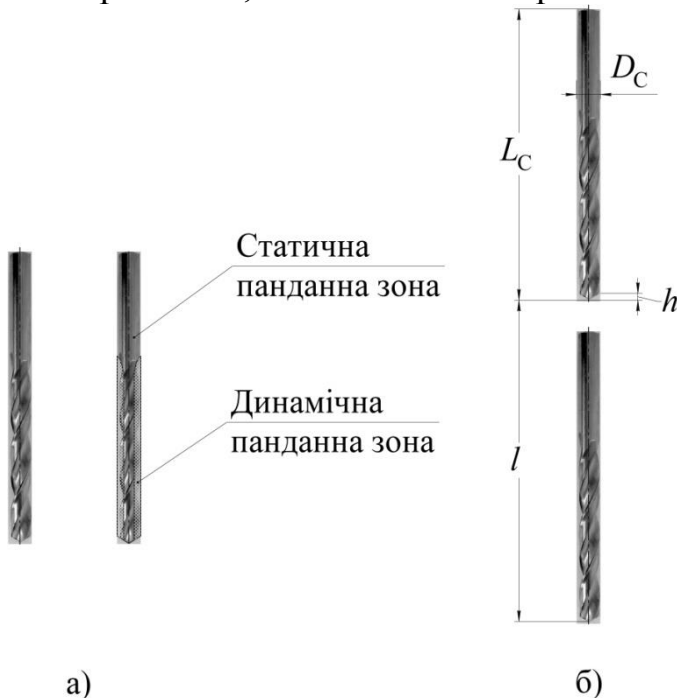


Рис. 3.4. Зона польової структури (панданна зона) свердла, де:  
а) зони свердла; б) зона під час руху свердла

Орієнтуючись на цю тезу, одразу омовимось, що тіло ТО є фізично-ізотропним у всіх напрямках координат. При цьому ми маємо можливість розглянути найпростіші ЗПС, з огляду на розподіл в них маси ТО, залежно від швидкості руху та періоду. Конфігурацію перерізу ТО обираємо з погляду подібності на той чи інший переріз реального інструмента. Крім того, середовище, у якому знаходиться ПЗ інструмента, вважатимемо вакуумом з відповідними властивостями.

### 3.2. Види слюсарних робіт

Обробку металів вручну називають **слюсарною обробкою**. Слюсарні роботи діляться на основні, складальні і ремонтні.

**Основними слюсарними роботами** називаються операції по наданню деталям заданої кресленням форми, розмірів і стану поверхні.

**Складальні слюсарні роботи** виконуються при зборці вузлів виробів, при зборці машин і приладів з окремих вузлів.

**Ремонтні слюсарні роботи** виконують для підтримки обладнання в робочому стані; вони складаються з виправлень або заміни деталей, що вийшли з ладу, і вузлів машин та устаткування. До слюсарних робіт відносяться такі

основні операції: розмітка, рубка, різання, правка, гнуття, обпилювання, шабрування, притирання, свердління, різьбонарізання тощо.

**Розмітка** служить для нанесення на заготовку (поковку, відливку тощо) рисок (ліній), що вказують межі подальшої механічної обробки.

Існують два види розмітки: плоска і просторова. Розмітка називається *плоскою*, коли лінії і крапки наносяться на площину, *просторовою* – коли розмічальні лінії і крапки наносяться на геометричне тіло будь-якої конфігурації.

Просторова розмітка може бути виконана на розмічальній плиті з допомогою розмічального ящика, призм і косинців. При просторовій розмітці для повороту заготовки, що розмічається, використовуються призми.

Для плоскої і просторової розмітки потрібні: креслення деталі і заготовки для неї, розмічальна плита, розмічальний інструмент й універсальні розмічальні пристосування, вимірювальний інструмент і допоміжні матеріали.

До *розмічального інструмента відносяться*: рисувалка (з одним вістрям, з кільцем, двостороння із зігнутих кінцями), маркер, розмічальний циркуль, кернери (звичайні, автоматичні для трафарету для круга), кронциркуль з конусною оправкою, молоток, циркуль центровий, прямокутник, маркер з призмою.

До *пристосувань для розмітки відносяться*: розмічальна плита, розмічальний ящик, розмічальні косинці і бруски, підставка, рейсмус з рисувалкою, рейсмус з рухомою шкалою, прилад для центрування, ділильна головка й універсальний розмічальний захват, поворотна магнітна плита, струбцини здвоєні, регульовані клини, призми, гвинтові підпори.

*Вимірювальними інструментами для розмітки є*: лінійка з діленнями, штангенрейсмус, рейсмус з рухомою шкалою, штангенциркуль, косинець, кутомір, кронциркуль, рівень, контрольна лінійка для поверхонь, щуп і еталонні плитки.

До *допоміжних матеріалів для розмітки* відносяться: крейда, біла фарба (суміш розведеної у воді крейди з додаванням льняного масла, що перешкоджає його висиханню), червона фарба (суміш шелаку зі спиртом з додаванням фарбника), мастило, миючі матеріали, що трують дерев'яні бруски і рейки, невеликий жерстяний посуд для фарб і пензель.

Простими розмічальними і вимірювальними інструментами при слюсарних роботах, є: молоток, рисувалка, маркер, кернер звичайний, косинець, циркуль, розмічальна плита, лінійка з діленнями, штангенциркуль і кронциркуль.

Плоску або просторову розмітку деталі проводять на підставі креслення.

До розмітки заготовка повинна пройти обов'язкову підготовку, яка включає у себе такі операції: очищення деталі від бруду і корозії (не проводити на розмічальній плиті); знежирення деталі (не проводити на розмічальній плиті); огляд деталі з метою виявлення дефектів (тріщин, раковин, викривлень); перевірка габаритних розмірів, а також припусків на обробку; визначення розмічальної бази; покриття білою фарбою поверхонь, що підлягають розмітці і нанесенню на них ліній та крапок; визначення вісі симетрії.

Якщо за розмічальну базу прийнятий отвір, то в нього слід вставити дерев'яну пробку.

**Розмічальна база** – це конкретна крапка, вісь симетрії або плоскість, від якої відмірюються, як правило, всі розміри на деталі.

**Накерненням** – називається операція нанесення дрібних крапок-поглиблень на поверхні деталі. Вони визначають осьові лінії і центри отворів, необхідних для обробки, певні прямі або криві лінії на виробі. Накернення роблять з метою позначення на деталі стійких і помітних знаків, що визначають базу межі обробки або місце свердлення. Операція накернення виконується з використанням рисувалки, кернера і молотка.

**Розмітка з використанням шаблону** застосовується при виготовленні значної кількості однакових деталей. Шаблон, виконаний з жерсті завтовшки 0,5–2 мм (іноді додається жорсткість куточком або дерев'яною рейкою), накладається на плоску поверхню деталі і обводиться рисувалкою по контуру. Точність нанесеного контуру на деталі залежить від ступеня точності шаблону, симетрії вістря рисувалки, а також від способу просування вістря рисувалки (вістря повинно рухатися перпендикулярно до поверхні деталі). Шаблон є дзеркальним відображенням конфігурації деталей, ліній і крапок, які мають бути нанесені на поверхню деталі.

Точність розмітки (точність перенесення розмірів із креслення на деталь) залежить від ступеня точності розмічальної плити, допоміжних пристосувань (косинців і розмічальних ящиків), вимірювальних інструментів, інструменту, використовуваного для перенесення розмірів, від ступеня точності методу розмітки, а також від кваліфікації розмітника. Точність розмітки, зазвичай, складає від 0,5 до 0,08 мм; при використанні еталонних плиток – від 0,05 до 0,02 мм.

При розмітці слід обережно користуватися загостреними рисувалками. Для оберігання рук працівника до початку розмітки на вістря рисувалки необхідно надягати пробку, дерев'яний або пластмасовий чохол.

Для установки на розмічальну плиту важких деталей потрібно користуватися таями, тельферами або кранами.

Розлиті на підлозі або розмічальній плиті масло або інша рідина можуть послужити причиною нещасного випадку.

**Рубку** металу (листового, смугового, дроту тощо) роблять зубилами, крейцмейселями за допомогою молотка. При цьому заготовку встановлюють на плиту або закріплюють у слюсарних лещатах.

**Слюсарне зубило** (рис. 3.5) – це інструмент з інструментальної вуглецевої сталі У7А або У8А прямокутного чи закругленого профілю, один кінець якого має форму клину. Розміри зубила: довжина 100–200 мм, товщина 8–20 мм, ширина 12–30 мм. Слюсарне зубило служить для рубки або зняття шару металу, коли не потрібна точність обробки. Ним можна проводити також розрізання, обрізання і вирізання матеріалу.



Рис. 3.5. Зубило слюсарне

Залежно від виду того, що розрізається, або матеріалу, що обрізується, кут загострення зубила складає:  $60^\circ$  – для сталі,  $70^\circ$  – для чавуну і бронзи,  $45^\circ$  – для міді і латуні,  $35^\circ$  – для цинку і алюмінію.

Матеріал, що розрізається (жерсть, смугове залізо, сталева стрічка, профіль, пруток) треба покласти на сталеву плиту або на ковадло так, щоб він прилягав всією своєю поверхнею до поверхні плити або ковадла. Матеріал, від якого потрібно відрубати заготовку, може бути закріплений в лещатах. Якщо метал має довжину більше плити або ковадла, то його кінець, що звіщується, повинен спиратися на відповідні підпори.

Лист або шматок жерсті з розміченим на ньому контуром елемента кладуть на сталеву плиту для розрізання жерсті. Вістря зубила ставлять на відстань 1-2 мм від розміченої лінії. Ударяючи молотком по зубилу, розрізають жерсть. Пересуваючи зубило уздовж контуру та одночасно ударяючи по ньому молотком, вирубують фасонний елемент по контуру та відокремлюють його від листа жерсті.

Вирізування елемента з товстого листового матеріалу виконують спочатку з однією сторони листа, потім його перевертають на іншу сторону і вирізають остаточно (просуваючи зубило по отриманому сліду від вістря зубила). Вирізаний елемент по контуру обробляють ручним напилком.

Викривлену або пом'яту жерсть перед розміткою потрібно підрихтувати на плиті гумовим або дерев'яним молотком. Перед укладанням листа на плиту при рихтуванні розмітці і рубці варто ретельно очистити і протерти плиту. Жерсть повинна прилягати до плити всією своєю поверхнею. Не можна користуватися тупим або вищербленим зубилом і вищербленим або розклепанним молотком.

При розрізанні в'язких матеріалів (товста жерсть або смугове залізо) з метою оберігання зубила від заклинювання, ріжучу частину зубила варто змащувати маслом або водою з милом, що зменшує тертя і дає можливість отримувати гладку поверхню розрізу.

**Крейцмейсель** – це слюсарний інструмент, подібний до зубила, але він має вузьку

або фасонну (канавочник) ріжучу частину і служить для вирізання прямокутних або фасонних канавок. Виготовляється з інструментальної вуглецевої сталі У7А або У8А. Розміри крейцмейселя: довжина 150–200 мм, ширина 12–25 мм, товщина 8–16 мм; розміри канавочника: довжина 80–350 мм, ширина 6–25 мм, товщина 6–16 мм. Існує декілька видів крейцмейселів: прямокутні, напівкруглі і спеціальні (рис. 3.6).

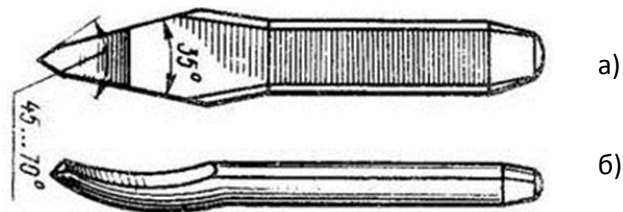


Рис. 3.6. Крейцмейсель:  
а - прямокутний; б - канавочний

Твердість робочої частини зубил і крейцмейселів на довжині 0,3-0,5 конусної частини HRC 52-57, ударної частині на довжині 15-25 мм – HRC 32–40.

Головки зубил і крейцмейселів мають скошені, закруглені з торця відшліфовані поверхні. У разі затуплення або пошкодження вістря, ріжучу частину зубила потрібно загострити на відповідний кут. Інструмент після роботи необхідно очистити від бруду і протерти обтиральним матеріалом, змоченим в маслі.

Недотримання вимог техніки безпеки при рубці слюсар частіше всього отримує поранення рук або обличчя від осколків оброблюваних матеріалів або інструменту. Працювати із зубилом або крейцмейселем слід у захисних окулярах і в рукавицях. Робоче місце слюсаря, що працює із зубилом, обов'язково повинно бути захищено захисною сіткою.

**Різання** прутків, труб, смугового металу виконують вручну пилами-ножівками. Більші заготовки розрізають на приводних ножівкових верстатах, на відрізних верстатах, а також газовим різанням. Для розрізання листового матеріалу завтовшки до 2 мм використовують ручні ножиці, а для товстих – важільні ножиці з ручним або механічним приводом.

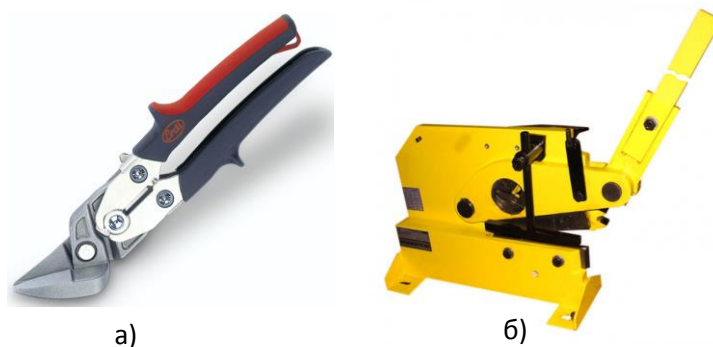


Рис. 3.7. Ножиці:  
а – ручні; б - важільні ножиці

**Правку** застосовують для виправлення нерівностей, викривлення, поводки листового і пруткового матеріалу гарячим або холодним способом вручну, а також з використанням пристосувань або машин.

Тонкі (завтовшки до 1 мм) листи з жерсті, алюмінію, червоної міді, латуні і інших м'яких матеріалів правлять на плиті дерев'яним молотком, а товщі – сталевими молотками на плиті або на ковадлі. Погнуті вали й інші великі деталі правлять на пресах.

**Молоток** – це ударний інструмент, що складається з неметалевої або металевої головки, рукоятки та клину (рис. 3.8-3.11).

Металева частина складається з таких елементів: клиноїдної частини, злегка закругленого обуха (ударна частина) й отвору. Рукоятку для молотка роблять із твердого дерева з перетином і довжиною, що залежать від величини отвору в молотку і від його ваги (табл. 3.1). Після насадки молотка на рукоятку в неї забивають дерев'яний або металевий клин, що оберігає молоток від спадання з рукоятки.



Рис. 3.8. Типи молотків загального призначення а - німецький, б - французький; в - британський; г - американський

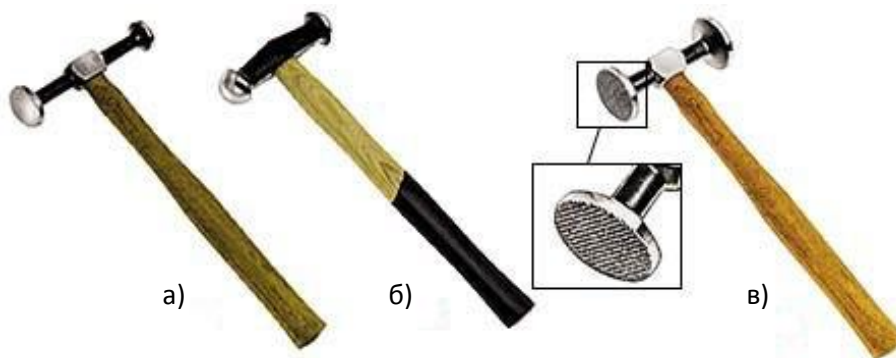


Рис. 3.9. Сталеві рихтувальні молотки: а - для плоских панелей, б - для криволінійних панелей; в - для усунення витягів.



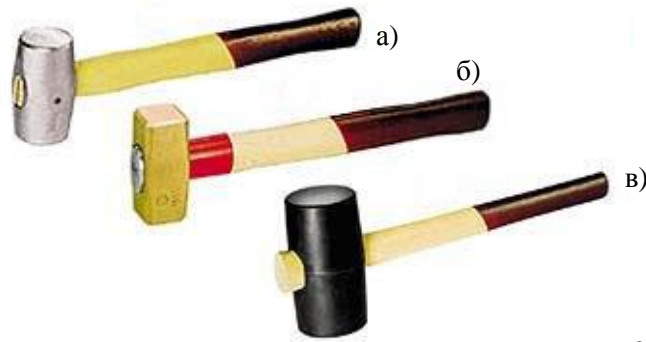


Рис. 3.10. а – звий молоток; б – мідний; молоток в - гумовий молоток



Рис. 3.11. Молотки з дерева (киянки) з круглою (а) і прямокутною (б) голівками

Молотки бувають з круглим і квадратним бойком. Слюсарні молотки виготовляються з інструментальної вуглецевої сталі У7 або У8. Робоча частина молотків піддається гарту до твердості HRC 49-56.

Таблиця 3.1

### Вага і розміри слюсарних молотків

Вага молотка, г	З квадратним бойком, мм			З круглим бойком, мм		
	Довжина бойка	Виліт бойка від центру ручки	Переріз бойка	Довжина бойка	Виліт бойка від центру ручки	Діаметр бойка
50	70	30	12×12	–	–	–
100	80	34	15×15	–	–	–
200	100	42	19×19	80	34	20
400	115	48	25×25	100	42	26
500	120	50	27×27	105	44	28
600	125	52	29×29	110	46	30
900	130	54	33×33	120	50	32
1000	135	56	35×35	130	54	34

**Гнуття** роблять холодним або гарячим способом з тонких металевих листів і пруткового прокату. Виконують – в лещатах рівномірними ударами дерев'яного молотка, а товщих – сталевим молотком. Для прискорення процесу гнуття застосовують спеціальні пристрої. Гнуття металу і надання йому визначеної форми може полегшити використання шаблонів, стержневих форм, згинальних штампів. Гнуття великої кількості металевих прутків для надання їм певної форми можливе тільки в спеціально сконструйованих і виготовлених для

цієї мети штампах та згинальному устаткуванні. Дріт гнеться під певним радіусом чи по колу круглогубцями, а при гнутті під невеликим кутом – плоскогубцями; при складному гнутті можуть одночасно використовуватися круглогубці і плоскогубці. У ряді випадків при гнутті дроту використовуються лещата.

Гнуття труб можна робити гарячим чи холодним способом з використанням спеціальних шаблонів або роликів при допомозі згинальних пристосувань чи трубокзгинальних машин (рис. 3.12).

Товстостінні труби діаметром не більше 25 мм і радіусом гнуття понад 30 мм можна гнути в холодному стані без заповнення їх сухим дрібним піском, свинцем, каніфоллю та не вставляючи в них гвинтову пружину.

Труби великих діаметрів (в залежності від товщини стінки і марки металу, з якого виготовлена ця труба) гнуться, як правило, з підігріванням місця згину і наповненням труби відповідним матеріалом. При цьому кінці труби заглушають пробками, що зменшує можливість її поломки або сплюснення при згині. Труби зі швом слід гнути в такому положенні, щоб діюче згинальне зусилля додавалося в площині, перпендикулярній шву.

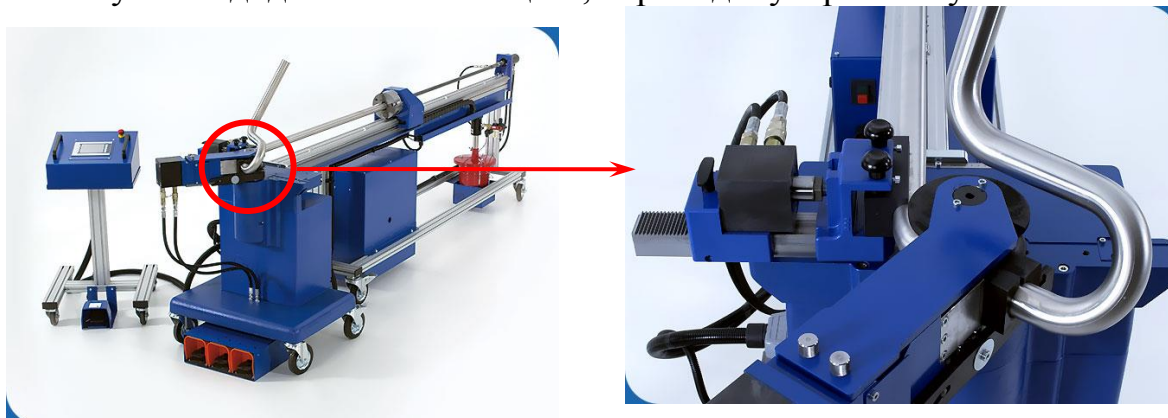


Рис. 3.12. Трубокзгинальна машина

**Обпилюванням** називають обробку поверхонь заготовок напилком для усунення нерівностей попередньої обробки і досягнення необхідної точності розмірів, форми і шорсткості поверхні.

Напилки поділяються на такі види: слюсарні загального призначення, слюсарні для спеціальних робіт, машинні, для заточування інструменту і для контролю твердості. Напилки виготовляють з інструментальної високовуглецевої сталі У12А, У13А, а також зі сталі марок Р9, Р7Т ШХ9, 111Х15.

Зубці напилка можуть бути утворені насиченням, фрезеруванням, нарізуванням, протягуванням і точінням методом обкатування. Найбільш поширений спосіб – насичення. Насічка напилків загального призначення – подвійна перехресна, а в напилків для спеціальних робіт – подвійна й одинарна. Завдяки перехресній насічці на обпилюваній поверхні не буде ризик від слідів руху зубців. Насичення зубців проводиться на заготовках до їх термічної обробки. Після насичення напилки гартуються до твердості, не нижче HRC 54.

При ремонті напилків, що зносилися, перед нанесенням насічки проводиться відпустка і шліфівка поверхні напилків. Всі напилки мають бути тестовані.

У залежності від форми, розрізняють такі типи напилків (рис. 3.13)

За величиною та густиною насічок в залежності від числа насічок на 10 мм довжини, напилки розділяються на драчеві № 0, і 1 личні № 2 і 3 і оксамитові № 4 і 5. Драчевий № 0 має найгрубішу насічку. При довжині драчевого напилка 100 мм число насічок на довжині 10 мм складає 14, в той час як оксамитовий № 5 має дуже дрібну насічку – 56 насічок на 10 мм при тій же довжині напилка (табл. 3.2-3.3).

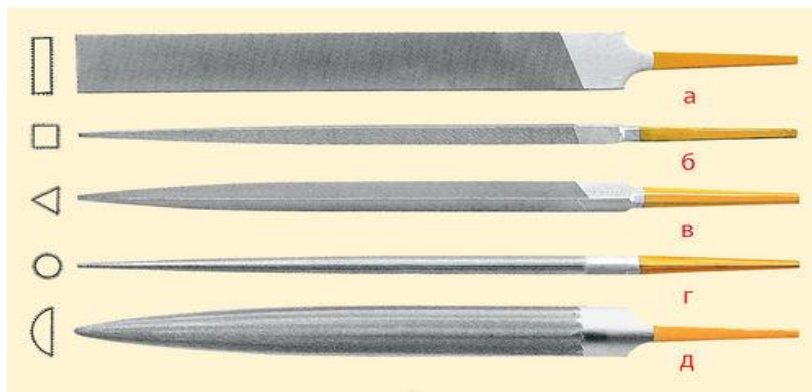


Рис. 3.13. Форми слюсарних напилків:

а – плоский тупоносий; б – квадратний; в – трихотгранний; г – круглий;  
д – напівкруглий

Таблиця 3.2

### Величина припуску і точність обробки напилками різних класів

Клас напилка	Припуск на обробку	Шар металу, що знімається за один хід	Точність обробки, що досягається
Драчевий № 0 і 1	0,5–12	0,1–0,2	0,25–0,6
Личний № 2 і 3	0,1–0,3	0,02–0,03	0,02–0,005
Оксамитовий № 4 і 5	0,025–0,05	0,025–0,01	До 0,01

Таблиця 3.3

### Кількість насічок на 10 мм довжини напилка

Довжина напилка, мм	Кількість основних насічок					
	0	1	2	3	4	5
100	–	14	20	28	40	56
125	–	–	–	–	–	–
160	–	12	17	24	34	48
200	–	10	14	20	28	40
250	–	8,5	12	17	24	34
315	–	7	10	14	20	28
400	4,5	6	8,5	12	–	–

Напилки бувають з одиничною і подвійною насічкою. Одинична насічка може бути з нахилом в один бік, похила з проміжками, хвиляста, рашпільна. При обпилюванні поверхонь м'яких металів використовують напилки з одиничною насічкою. Подвійна насічка характеризується тим, що крок (відстань між вершинами двох сусідніх зубів) не складає цілої величини, що запобігає появі борозни на поверхні, що опилується.

Розрізняють такі види обпилювання: плоских і криволінійних поверхонь; кутових поверхонь; паралельних поверхонь; складних і фасонних поверхонь.

Вибір напилка залежить від виду матеріалу виду обпилювання, величини з шару і величини оброблюваної деталі. Наприклад, при остаточній обробці куба, виконаного зі сталі довжиною грані 30 мм, потрібно використовувати напилки з подвійною насічкою № 5 (оксамитовий) завдовжки 160 мм.

Форму напилків вибирають в залежності від конфігурації оброблюваного місця. Плоскі напилки використовують для обпилювання плоских, криволінійних опуклі і зовнішніх сферичних поверхонь; квадратні напилки – для обпилювання квадратних і прямокутних отворів; триохгранні – для обробки триохгранних поверхонь, для заточування пил, а також для обпилювання плоских поверхонь, розташованих під гострим кутом; ножівкові – для обпилювання кромки гострих кутів, а також для виконання вузьких канавок; ромбічні – для обробки дуже складних контурів виробів; круглі – для виконання напівкруглих і круглих отворів; овальні – для обпилювання овальних отворів; напівкруглі і лінзові – для обробки криволінійних й увігнутих поверхонь.

Правильне і надійне закріплення матеріалу у лещатах або пристосуванні при обпилюванні забезпечує точну обробку матеріалу, мінімальне зусилля працівника і безпеку праці. Щоб уникнути пошкодження поверхонь неметалічних матеріалів і виробів, закріплених у лещатах, слід використовувати накладки. Накладки з м'яких металів (мідь, цинк, свинець, алюміній, латунь), з дерева, штучного матеріалу, фетру або гуми накладаються на щоби лещат.

Виріб або матеріал вкладають між накладками, а потім закріплюють. Висоту установки лещат при обпилюванні потрібно підбирати відповідно до зросту працівника. На практиці висоту установки лещат визначають, спираючись ліктями на щоби лещат (кулак при вертикальному положенні руки повинен діставати до підборіддя прямо стоячого працівника). Якщо лещата встановлені нижче даного положення, то підкладають прокладки, а якщо висота установки лещат велика, то прокладки виймаються або під ноги слюсареві укладається підставка чи трап. Працюючий з лещатами повинен зайняти таке положення, щоб стопи ніг були під кутом  $45^\circ$  один до одної, причому ліва нога має бути виставлена вперед на відстань 25–30 см від вісі стопи правої ноги. Вісь лівої стопи по відношенню до робочої вісі напилка повинна знаходитися під кутом близько  $30^\circ$ . Таке положення гарантує продуктивну і безпечну роботу слюсареві та зменшує його втому.

У табл. 3.4 надані класи шорсткості і відповідні їм величини висот мікронерівностей поверхні, що отримуються при різних видах слюсарної обробки.

Таблиця 3.4

**Шорсткість поверхні, що отримується при різних видах слюсарної обробки**

Шорсткість		Характеристика	Вид обробки
Клас	Висота мікронерівностей, мкм	поверхні	
1-3	80-20	Грубо оброблена	Обпилювання драчевими напилками, свердління
4-6	10-2,5	Мало видимі сліди обробки	Обпилювання личним напилком, свердління з розгортанням
7-9	1,25-0,32	Сліди обробки непомітні неозброєним оком	Обпилювання оксамитовим напилком, шабрування, притирання, свердління і розгортання двома розгортками
10-14	0,16-1,011	Висока міра гладкості	Обпилювання оксамитовим напилком з поліровкою крейдою і тонким наждаком, притирання притиром, доведення

Відновлення ріжучих здібностей напилка після зносу забезпечується зняттям затупілих зубів і нанесення на напилку нової насічки. Відновлення проводиться шляхом відпалу напилка зі шліфування старої насічки та виконання нової (вручну або механічно) з подальшим гарту. Відновлення напилка можна проводити декілька разів, але з кожним разом він стає тоншим і більш схильним до тріщин.

Напилки необхідно оберігати від дії вологи для попередження корозії; щоб уникнути псування насічки, не слід їх кидати або класти на інші напилки, інструменти чи метали. Поверхню напилків оберігають від попадання масла або мастила, а також від попадання пилу зі шліфувальних кругів.

Новий напилку потрібно використовувати спочатку з одного боку, а після її затуплення – з іншого. Не слід використовувати личні й оксамитові напилки для обпилювання м'яких металів (олова, свинцю, міді, цинку, алюмінію, а також латуні). Тирса цих металів забиває канавки насічки напилка і не дає можливості обробляти поверхні інших металів. Напилку під час роботи і після роботи треба очищати сталеву щіткою. Після закінчення роботи його прибирають в ящик або шафу.

Особливу увагу варто звертати на стан рукоятки і правильну насадку її на напилек (рукоятку насаджують по вісі напилка). При насадці рукоятки не можна піднімати напилек вгору. Не слід використовувати напилки без рукоятки. Особливо обережно потрібно працювати маленькими напилками. Кінець довгого напилка не слід тримати пальцями. Матеріал для обпилювання має бути закріплений правильно і міцно.

**Шабрування** служить для отримання потрібної за умовами експлуатації шорсткості поверхні або для щільного прилягання поверхонь деталей машин, що сполучаються. Шабрування є остаточною операцією при обробці направляючих поверхонь вкладишів підшипників, станин верстатів і машин.

При шабруванні проводиться зрізання тонких стружок з нерівних поверхонь, заздалегідь вже оброблених напилком або іншим ріжучим інструментом.

Інструменти для шабрування називаються *шаберами*. Для виготовлення шаберів використовують інструментальні вуглецеві сталі У10, У10А, У12, У12А, леговану сталь Х05, а також тврдосплавні пластини, що вставляються у сталеві державки. Вживанні чи ті, що вийшли з ладу трьохгранні або плоскі напилки після відповідного шліфування також можуть використовуватися як шабери.

Розрізняють ручні і механічні шабери. Вони можуть бути плоскі односторонні і двосторонні, цілісні і зі вставленими пластинками, трьохгранні цілісні і трьохгранні односторонні, напівкруглі односторонні і двосторонні, ложкоподібні й універсальні (рис. 3.14).

Універсальний шабер складається зі замінюваної пластини (робоча частина шабера), корпусу, прихвата, гвинта і рукоятки.

При шабруванні використовуються чавунні плити – для перевірки поверхонь плоских деталей, плоскі і трьохгранні лінійки – для перевірки площинної поверхні призми, плити у вигляді прямокутного паралелепіпеда контрольні валики, щупи і інші інструменти – для контролю якості шабрування та притирання. Окрім згаданих інструментів, застосовують щітки й обтиральні матеріали.

Перед шабруванням слід перевірити ступінь нерівності поверхні і місця нерівностей. Виявленню нерівностей поверхні служать плити, лінійки, призми, валики, щупи. При шабруванні на фарбу використовується шабровочна фарба. У ряді випадків шабрування ведеться на блиск.

Для шабрування деталей на фарбу використовують плиту або лінійку, а також фарбу. Як фарбу для шабрування використовують суміш машинного масла з паризькою блакиттю або ультрамарином, що має консистенцію легкої пасти. Іноді використовується суміш машинного масла з сажею.

Фарба наноситься тонким шаром на плиту чи лінійку пензлем після чого плита або лінійка накладається на призначену для шабрування поверхню деталі.

Після декількох колоподібних рухів плити або зворотно-поступальної ходи лінійки по деталі чи деталі на плиті деталь обережно знімають з плити.

Забарвлені плями, що з'явилися на деталі, свідчать про нерівності, що виступають на поверхні деталі, які видаляються шабруванням.

Під час притирання деталі до плити на фарбу на поверхні деталі з'являються більшого або меншого розміру забарвлені плями, між якими є світлі проміжки. Забарвлені плями з'являються унаслідок нерівностей на цій поверхні.

Найбільш високі нерівності на поверхні мають світліше, в порівнянні з фарбою, забарвлення через деяке стирання фарби при рухах притирання. Основні опуклості характеризуються хорошим покриттям фарбою і тому мають густе забарвлення. Світлі і блискучі плямочки на поверхні деталі свідчать про заглиблення на поверхні, не покриті фарбою. Послідовність видалення плям з поверхні визначає її колір.



*Рис. 3.14. Шлюсарні шабери*

Шабрування починають з помітних місць, що позначених світлим кольором фарби. За ними йдуть плями з густим забарвленням. Світлі плями не шабруються. Ступінь точності і шорсткості поверхні визначається числом плям фарби у квадраті зі стороною 25 мм (близько 16 – хороше шабрування, 25 – дуже точне шабрування). Недоліками шабрування є дуже повільний процес обробки і значна трудомісткість, що вимагає від слюсаря великої точності, терпіння і часу.

Перевагою цього виду обробки є можливість отримання простими інструментами високої точності (до 2 мкм).

До переваг також відноситься можливість отримання точних і гладких фігурних поверхонь, обробки закритих поверхонь і поверхонь до упору. Добре шабруються чавунні і сталеві поверхні невеликої твердості.

Загартовані сталеві поверхні потрібно шліфувати.

При шабруванні необхідно дотримуватися чистоти і порядку навколо робочого місця. Інструментом потрібно користуватися обережно й з умінням, в перерві між роботою і після її закінчення інструменти прибирати в ящик.

Шабер завжди тримати так, щоб ріжуча частина була обернена вбік від працюючого. Шабер має бути добре заточений. При шабруванні обов'язково слід видаляти гострі кромки з деталей.

**Притирання** виконують твердими шліфувальними порошками, їх наносять на спеціальні притирки з м'якої сталі, сірого чавуну, міді, твердих порід деревини й інших матеріалів. Форма притиру повинна відповідати формі оброблюваної поверхні. Переміщаючи притир з шліфувальним порошком по оброблюваній поверхні, знімають з неї дуже тонкий (0,001–0,002 мм) шар нерівностей, завдяки чому досягається щільне стикання деталей, що сполучаються. Розрізняють два види притирання: притирання шаржуючим (що проникає в поверхню притиру) абразивом; притирання не шаржуючим абразивом. Перший вид притирання найбільш поширений і здійснюється вільно подаваним до притиру абразивом у суміші з рідким мастилом, або заздалегідь шаржованим у притир абразивом в суміші з в'язким мастилом. Відповідно до вказаних видів притирання, притири діляться на ручні, машинно-ручні, машинні (механічні) і монтажні.

Притири мають вид плиток, притиральних плит, валиків, конусів, кругів, а також можуть мати складну конфігурацію у відповідності з виглядом поверхні оброблюваної деталі, причому, вони можуть бути монолітними і розтискними (рис. 3.15).

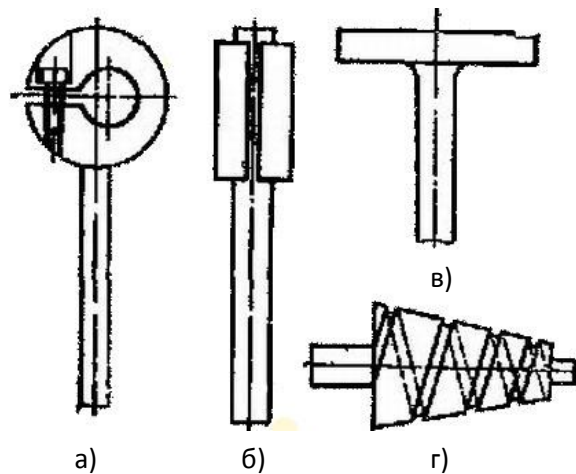


Рис. 3.15. Притири: а - для валів; б - для отворів; в - дискові; г - конусні

Матеріали для притирання діляться на пасти притиральні порошки і полотно.

**Притиральна паста** — це суміш окису хрому, кремнію, стеаринової кислоти, а також невеликої кількості жиру і машинного масла; виготовляється декількох сортів. Як шаржуючі порошки використовують алмаз, електрокорунд білий і нормальний, карбід бору, скло, полірувальний крокус, абразивний мінерал, негашене вапно. Вироби з кольорових металів і сплавів притираються не-шаржуючими абразивами. Зернистість абразивних порошків вибирається залежно від призначення операції: для грубого притирання — грубозернисті, для остаточного — дрібнозернисті.



Змащувальним середовищем для вільної подачі абразиву служить гас, а при особливо тонкому притиранні – бензин; у разі попереднього шаржування притирів – гас і машинне мастило. Додаванням до гасу стеаринової кислоти досягається прискорення процесу.

Для притирання нешаржуючими абразивами, що забезпечує найвищу якість поверхні і блиск, використовуються порівняно м'які абразивні матеріали. При цьому твердість притиру повинна бути вищою за твердість поверхні деталі, що притирається. Вживані абразиви – окисел хрому, крокус (окисел заліза). Змащувальне середовище – гас, машинне мастило для сталі і суміш тваринного сала з машинним маслом для міді і її сплавів.

**Абразивний мінерал**, зазвичай, званий **наждаком**, – це дрібнозернистий природний корунд темного забарвлення. Абразивний мінерал у вигляді вільних зерен або зерен, наклеєних на еластичну підкладку (полотно, папір), використовується для полірування і притирання. Розмір зерен визначається так само, як і в інших абразивних матеріалах. Чим грубіше зерно, тим вищий номер, яким позначається абразивний мінерал.

Перед тим, як почати роботу, притир слід заправити, тобто втерти в його робочу поверхню абразивний порошок за допомогою сталевого стрижня або валика (якщо притири з м'якого матеріалу), або за допомогою деталі, що притирається (якщо притир з чавуну).

**Свердлінням** називається виконання у виробі або матеріалі круглого отвору з використанням спеціального ріжучого інструмента – свердла, яке в процесі свердління одночасно має обертальний і поступальний рух уздовж вісі отвору, що свердлиється. Свердлення застосовується, насамперед, при виконанні отворів в деталях, що сполучаються при збірці.

Залежно від необхідного ступеня точності, використовують такі види обробки: свердлення, розсвердлювання, зенкерування, розгортання, розточування, зенкування, зацентрування.

Для виконання операції свердлення використовуються свердла з конічним або циліндровим хвостовиком, конусні перехідні втулки, клини для вибивання свердла свердлувальні самоцентрувальні патрони двох- і трьохщічні, рукоятки для кріплення свердел в патронах, швидкозажимні патрони патрони пружинні з автоматичним відключенням свердла, машинні лещата коробки, призми, прихвати, косинці ручні лещата, похилі столи, а також різного вигляду пристосування, ручні і механічні свердлувальні верстати і дрилі.

Розрізняють свердлувальні верстати з ручним і механічним приводом. До ручних свердлувальних верстатів з ручним приводом відносяться: коловороти, дрилі, свердлувальні тріскачки і ручні свердлувальні верстачні верстати. До ручних свердлувальних верстатів з механічним приводом відносяться електричні і пневматичні дрилі, що дають змогу при використанні спеціальних хвостовиків свердлити отвори у важкодоступних місцях.

До свердлувальних верстатів з механічним приводом відносяться: вертикально-свердлувальні, радіально-свердлувальні, горизонтально-розточувальні і спеціальні свердлувальні верстати.

На вертикально-свердлувальних верстатах (у залежності від типу) можна свердлити отвори свердлами діаметром до 75 мм, на верстатних свердлувальних верстатах – свердлами діаметром до 15 мм, на настільних свердлувальних верстатах – свердлами діаметром до 6 мм. Ручними електричними свердлувальними дрелями (залежно від типу) можна свердлити отвори діаметром до 25 мм, ручними пневматичними свердлувальними машинами – свердлами діаметром до 6 мм.

Свердлувальні тріскачки використовують для свердлення отворів у важкодоступних місцях, у сталевих конструкціях. Ручний привод, забезпечуваний коливальним рухом важеля тріскачки, створює обертання свердла і його подачу уздовж вісі отвору. Недоліком свердління тріскачкою є мала продуктивність і велика трудомісткість процесу.

**Свердло** – це ріжучий інструмент, яким виконують циліндричні отвори.

За конструктивним оформленням ріжучої частини свердла діляться на перові, з прямими канавками, спіральні з гвинтовими канавками, для глибокого свердлення, центрувальні та спеціальні.

**Спіральні свердла** (рис. 3.16), залежно від їх виконання, діляться на скручені, фрезеровані, литі (для великих діаметрів), пластинками зі сплавів карбідів, металів і зварні.

Свердла виготовляють з інструментальної вуглецевої сталі У10А, У12А, легованої сталі 9ХС або з швидкорізальної сталі Р18, Р9. Часто використовуються свердла личковані пластинками зі сплавів карбідів, вольфраму і титану.

Спіральним свердлом виконують отвори, до яких пред'являються високі вимоги до точності; отвори, призначені для подальшої обробки розгортанням, розточуванням або простяганням, отвори під нарізування різьби.

Спіральне свердло складається із хвостовика і робочої частини, що поділяється на направляючу і ріжучу частини. Між направляючою частиною і хвостовиком знаходиться шийка.

**Хвостовик** – це частина свердла циліндричної або конусної форми (свердла по деревині мають чотиригранний конічний хвостовик), яка служить для закріплення свердла при конічній формі в конічних перехідних втулках з конусом Морзе, а при циліндричній – у двох чи трьохкулачковому свердлувальному патроні. Кінцеві втулки і свердлувальний патрон закріплюються в отворі шпинделя. Конусні хвостовики закінчуються лапкою, яка служить для вибивання свердла з шпинделя або конусної перехідної втулки. Циліндровий хвостовик закінчується повідцем. Для свердлення отворів свердлувальними тріскачками або ручними коловоротами найчастіше всього використовуються свердла з квадратними хвостовиками. Свердла з циліндровим хвостовиком зазвичай мають малі діаметри (до 20–30 мм). Робоча частина свердла складається з направляючої та ріжучої частин.



Рис. 3.16. Спиральне свердло

**Направляюча частина свердла** – це частина, що знаходиться між шийкою і ріжучою частиною. Вона служить для забезпечення напрямку свердла вздовж вісі отвору. Частина напрямної має гвинтові канавки для відведення стружки і стрижень свердла. На зовнішній гвинтовій поверхні направляючої частини свердла є стрічка.

**Ріжуча частина спірального свердла** складається з двох ріжучих граней, сполучених третьою гранню – так званою поперечною перемичкою.

**Стрічкою** називається вузький поясок уздовж гвинтової канавки, що плавно збігає до хвостовика. Мета стрічки – перейняти на себе частина тертя свердла об стінки отвору, що з'являється під час входження інструмента в матеріал. Діаметр свердла вимірюється відстанню між стрічками. Величина кута нахилу гвинтової канавки свердла залежить від виду оброблюваного матеріалу (табл. 3.5).

Процес різання металу ріжучою кромкою здійснюється шляхом урізування її в метал під дією обертання свердла і його осьової подачі. Величина кута ріжучої кромки визначається кутом нахилу гвинтової лінії і заднім кутом заточування свердла. Величина необхідного зусилля подачі і сила різання визначаються величиною переднього і заднього кутів різання і величиною поперечної кромки. Зменшити необхідне зусилля подачі при свердлінні можна за рахунок підгострювання поперечної кромки (перемички) і вибору для даного матеріалу оптимального кута різання.

Таблиця 3.5

### Рекомендовані кути при вершині свердла

Оброблюваний матеріал	Кут при вершині, град
Сталь, чавун, тверда бронза	116...118
Латунь, м'яка бронза	130
Алюміній, електрон, бабіт	140
Червона мідь	125
Ебоніт, целулоїд	85...90
Мармур й інші крихкі матеріали	80

Якщо свердло погано свердлить, його слід загострити. Гостріння можна виконувати вручну або машинним способом. Правильне гостріння свердла дає можливість отримувати необхідні кути, продовжує термін служби свердла, зменшує зусилля, а також дає можливість отримувати правильно виконані отвори.

Підбір необхідних для даного матеріалу кутів різання і гостріння на спеціальних гострильних верстатах для свердел забезпечують отримання правильних кутів заточування і положення поперечної кромки в центрі свердла. Після гостріння можна перевірити кути заточування за допомогою кутоміра або шаблону.

**Перові свердла** (рис. 3.17) зазвичай виготовляються з вуглецевої інструментальної сталі У10А або У12А. У цих свердлах розрізняють такі елементи: двостороння ріжуча частина з кутом  $116^\circ$ , одностороння – з кутом  $90^\circ..120^\circ$ , напрямна частини з кутом  $100^\circ-110^\circ$ , конусна робоча частина, шийка та хвостовик.

Двостороння ріжуча частина забезпечує робочий рух при обертанні свердла в обидві сторони. Одностороння ріжуча частина забезпечує роботу свердла тільки в одному напрямі.

Недоліком цих свердел є відсутність направляючих і зміна діаметра при кожному заточуванні. Застосовуються для отворів малого діаметра, які не вимагають високої точності виконання. Перові свердла з подовженою направляючою частиною забезпечують кращий напрям і точніший розмір отвору, дають можливість отримувати однаковий діаметр до тих пір, поки не зішліфувється напрямна частина. Проте ці свердла малопродуктивні.



Рис. 3.17. Перове свердло

Перед свердлінням необхідно відповідним чином підготувати матеріал (розмітити і позначити місця свердління), інструмент і свердлувальний верстат. Після закріплення і перевірки установки деталі на столі свердлувального верстата або в іншому пристосуванні, а також після закріплення свердла в

шпинделі верстата приступають до свердління згідно інструкції і вимог безпеки праці. Не можна забувати про охолодження свердла.

У процесі свердлення можуть мати місце різні дефекти: поломка свердла, викрашування ріжучих кромки, відхилення свердла від вісі отвору.

При свердлінні важливу роль грає охолодження і вживання рідини, що охолоджує. Змащувально-охолоджувана рідина (ЗОР) виконує три основні функції: є мастилом для зменшення тертя між ріжучим інструментом, свердлом металом деталі і стружки, є охолоджуючим середовищем, інтенсивно відвідним тепло, що виникає в зоні різання, і полегшує видалення стружки з цієї зони.

ЗОР застосовуються при всіх видах обробки металу різанням. Хороша ЗОР не викликає корудування інструмента, пристосування і деталі, не надає шкідливого впливу на шкіру людини, не має неприємного запаху і добре відводить тепло. При свердленні отворів у сталі використовується водний розчин мила, 5 % розчин емульсії Э-2 або ЭТ-2; при свердленні в алюмінії — 5 % розчин емульсії Э-2, ЭТ-2 або рідина наступного складу: масло «Індустріальне» – 50 %, гас – 50 %. При свердленні дрібних отворів у чавуні ЗОР не використовують. При свердленні у чавуні глибоких отворів використовується стисле повітря або 1,5 % розчин емульсії Э-2 або ЭТ-2. При свердленні міді і сплавів на її основі застосовується 5 % розчин емульсії Э-2, ЭТ-2 або масло «Індустріальне».

Щоб отримати в металі або деталі отвір з діаметром понад 30 мм, потрібно застосовувати двократне свердлення. Перша операція виконується свердлом діаметром 10–12 мм, друга — свердлом необхідного діаметру (розсвердлювання). При свердленні з двома розсвердлюваннями або свердленні, розсвердлюванні і зенкуванні значно знижуються зусилля різання і час виконання операцій.

Видалити з просвердлюваного отвору зламане свердло можна вивертанням його в бік, зворотній спіралі зламаної частини, щипцями (якщо є виступаюча частина свердла). Якщо зламане свердло знаходиться всередині матеріалу, то просвердлювану деталь нагрівають разом зі свердлом до почервоніння, а потім поступово охолоджують. Відпущене свердло можна викрутити спеціальним пристосуванням або висвердлити іншим свердлом.

**Центрувальним свердлом** називають інструмент, використований для виконання центрових отворів у торцевих поверхнях валів. Розрізняють два види центрувальних свердел: для звичайних центрових отворів без запобіжного конуса і для центрових отворів із запобіжним конусом (рис. 3.18).

Нормалізованим кутом звичайного центрування свердла є  $60^\circ$ , а свердла із запобіжним конусом —  $60^\circ$  і  $120^\circ$ .

На великих і важких валах центрове поглиблення з торців виконується за три операції: свердлення, зенкування на  $60^\circ$  і зенкування запобіжного конуса на  $120^\circ$ .

Зенкерування – це збільшення діаметра раніше просвердленого отвору або створення додаткових поверхонь. Для цієї операції служать зенкери, ріжуча

частина яких має циліндрову, конусну торцеву або фасонну поверхні (рис. 3.19).

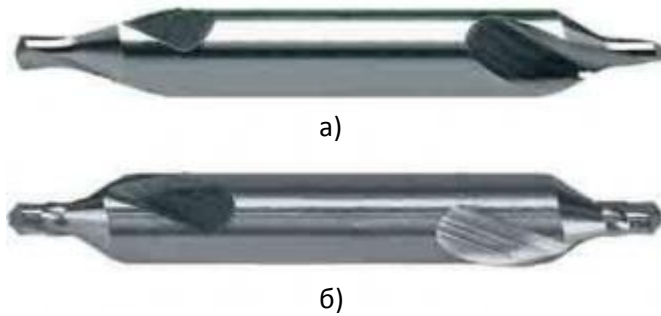


Рис. 3.18. Центрувальні свердла: а - звичайне; б - із запобіжним конусом

Мета зенкерування – створити відповідні посадочні місця в отворах для головок заклепок, гвинтів, болтів або вирівнювання торцевих поверхонь.

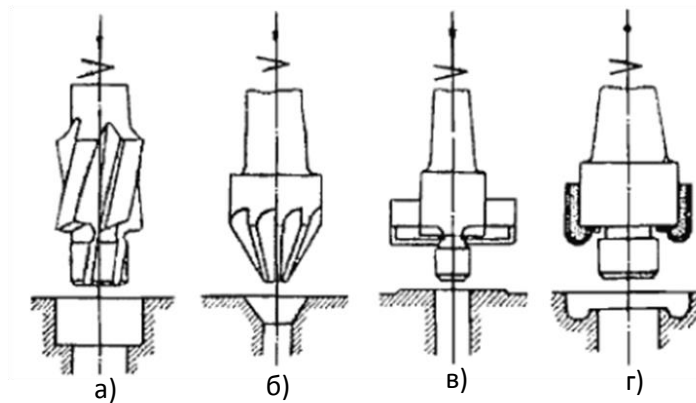


Рис. 3.19. Зенкери:  
а - циліндричні; б - конічні; в - торцеві; г - фасонні

Зенкери виготовляються з вуглецевої інструментальної сталі У10А, У12А, легованої сталі 9ХС або швидкорізальної сталі Р9, Р12. Вони можуть мати напаяні ріжучі пластинки з твердих сплавів. Хвостовики зенкерів і корпуси набірних зенкерів робляться зі сталі 45 або 40Х.

Зенкери можуть бути суцільними, циліндричними, конічними, фасонними, зварними з привареним хвостовиком, насадними суцільними, насадними збірними. Зенкери малих діаметрів робляться, зазвичай, суцільними, а великих діаметрів – зварними або насадними. Конусні зенкери мають кути при вершині 60, 75, 90 і 120°.

**Розгортка** (рис. 3.20) – це багатолезовий ріжучий інструмент, використовуваний для остаточної обробки отворів з метою отримання отвору високого ступеня точності і з поверхнею незначної шорсткості. Розгортки поділяються на чорнові та чистові. Остаточним розгортанням досягається

точність 2–3 класів (10–7 квалітету), а при особливо ретельному виконанні – 1-го класу (6–5 квалітету) при шорсткості поверхні 7–8 класів чистоти (висота мікронерівностей 1,25–0,32 мкм).

Розгортання дає остаточний розмір отвору, потрібний за кресленням. Діаметр отвору під розгортання повинен бути меншим остаточного на величину припуску на розгортання (табл. 3.6).

Розрізняють такі види розгортки: за способом використання – ручні і машинні формою – з циліндровою або конічною робочою частиною, по точності обробки – чорнові і чистові, по конструкції – з циліндровим хвостовиком, з конічним (конус Морзе) хвостовиком і насадні. Насадні розгортки можуть бути цілісними, зі вставними ножами і плаваючі. Ручні розгортки можуть бути цілісними і розтискними. Розгортки можуть мати прості і гвинтові зубці.



Рис. 3.20. Розгортка:

*а - конічна чистова; б - конічна проміжна; в - циліндрична з прямими зубцями*

Таблиця 3.6

**Припуск на діаметр під розгортання після свердла, різця чи зенкера  
(у міліметрах)**

Припуск	Діаметр отвору				
	від 10 до 20	від 20 до 30	від 30 до 50	від 50 до 80	від 80 до 100
Загальна під чорнове і чистове розгортання	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
У тому числі під розгортання:					
чорнове	0,16	0,20	0,24	0,27	0,30
чистове	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10

Число зубців розгортки залежить від її діаметру і призначення. Число зубців у ручних і машинних розгортках з прямими зубцями найчастіше парне (наприклад, 8, 10, 12, 14). Розгортки із спіральними зубцями мають ліво - і правосторонні ріжучі частини.

Розтискні і регульовані розгортки використовуються при ремонтних роботах для розгортання отворів, які мають різний допуск, а також для мінімального збільшення вже остаточно виконаного отвору.

Котельні розгортки знаходять застосування при котельних роботах для збільшення отворів під заклепки. Розгортка має такі елементи: робочу частину, шийку і хвостовик (конусний або циліндровий). Хвостовики ручних трьохперих розгортках закріплюються в постійних або регульованих державках. Розгортки мають нерівномірний крок ріжучих кромки: з метою поліпшення якості отвору і попередження його граненості зубці розташовуються по колу на різній відстані один від одного.

Для охолодження інструмента, зменшення тертя, а також для збільшення терміну служби ріжучої частини інструмента використовуються ЗОР. У табл. 3.7 приведені склади ЗОР, використовувані при розгортанні отворів в різних матеріалах. Для виготовлення розгортках застосовуються вуглецеві інструментальні сталі У10А і У12А, леговані інструментальні сталі 9ХС, ХВ, ХГСВФ, швидкорізальні сталі Р9 і Р18, а також тверді сплави марки Т15К6 для обробки сталі, мідь і інших в'язких металів і марки ВК8 для обробки чавуну і інших крихких металів. Розгортки з швидкорізальної сталі робляться з привареними хвостовиками із сталі 45. Корпуси збірних, а також регульованих і насадних розгортках роблять з конструкційних сталей.

Таблиця 3.7

### ЗОР, використовувані при розгортанні отворів у різних матеріалах

Оброблюваний матеріал	Склад ЗОР
Сталь	5% розчин емульсії Э-2 або ЭТ-2
Твердий чавун	Гас, АВК-2 або ЛЗСОЖ1а
Мідь і сплави на її основі	5% розчин емульсії Э-2 або ЭТ-2, масло «Індустріальне 20»
Алюміній	5% розчин емульсії Э-2 або ЭТ-2, гас 50 %; суміш масла «Індустріальне 20» (50 %) і гасу (50 %)
Дюралюміній	Гас, суміш масла «Індустріальне 20» (50 %) і гасу(50 %)
М'який чавун	Без охолодження

**Нарізування різьби** – це утворення гвинтової поверхні на зовнішній або внутрішній циліндровій або конічній поверхнях деталі.

Нарізання гвинтової поверхні на болтах валиках й інших зовнішніх поверхнях деталей можна виконувати вручну або машинним способом. До ручних інструментів відносяться: круглі розрізні і нерозрізні плашки (рис. 3.21), а



також чотирьох - і шестигранні пластинчасті плашки, клупи для нарізування різьби на трубах. Для кріплення плашок використовуються плашкоутримувачі і клупи. Кругла плашка використовується також для машинного нарізування різьблення.

Нарізання різьби в отворах виконують мітчиками (рис. 3.22) вручну і машинним способом.

Розрізняють циліндричні і конічні мітчики. Ручні мітчики бувають одинарні, двокомплектні і трьохкомплектні. Зазвичай, використовують комплект, що складається із трьох мітчиків: чорнового, позначеного однією рисою або цифрою 1; середнього, позначеного двома рисками або цифрою 2; і чистового, позначеного трьома рисками або цифрою 3.



*Рис. 3.21. Плашка*



*Рис. 3.22. Мітчик*

### **3.3. Вимірювальний інструмент**

#### **3.3.1. Універсальний вимірювальний інструмент**

До універсальних вимірювальних інструментів для контролю розмірів, що використовуються у слюсарній справі, відносяться: складальна мірна металева лінійка або металева рулетка, штангенциркуль універсальний, кронциркуль нормальний для зовнішніх вимірів, нутромір нормальний для виміру діаметра, простий штангенглибиномір, кутомір універсальний, косинець на 90°, а також циркулі (рис. 3.23).

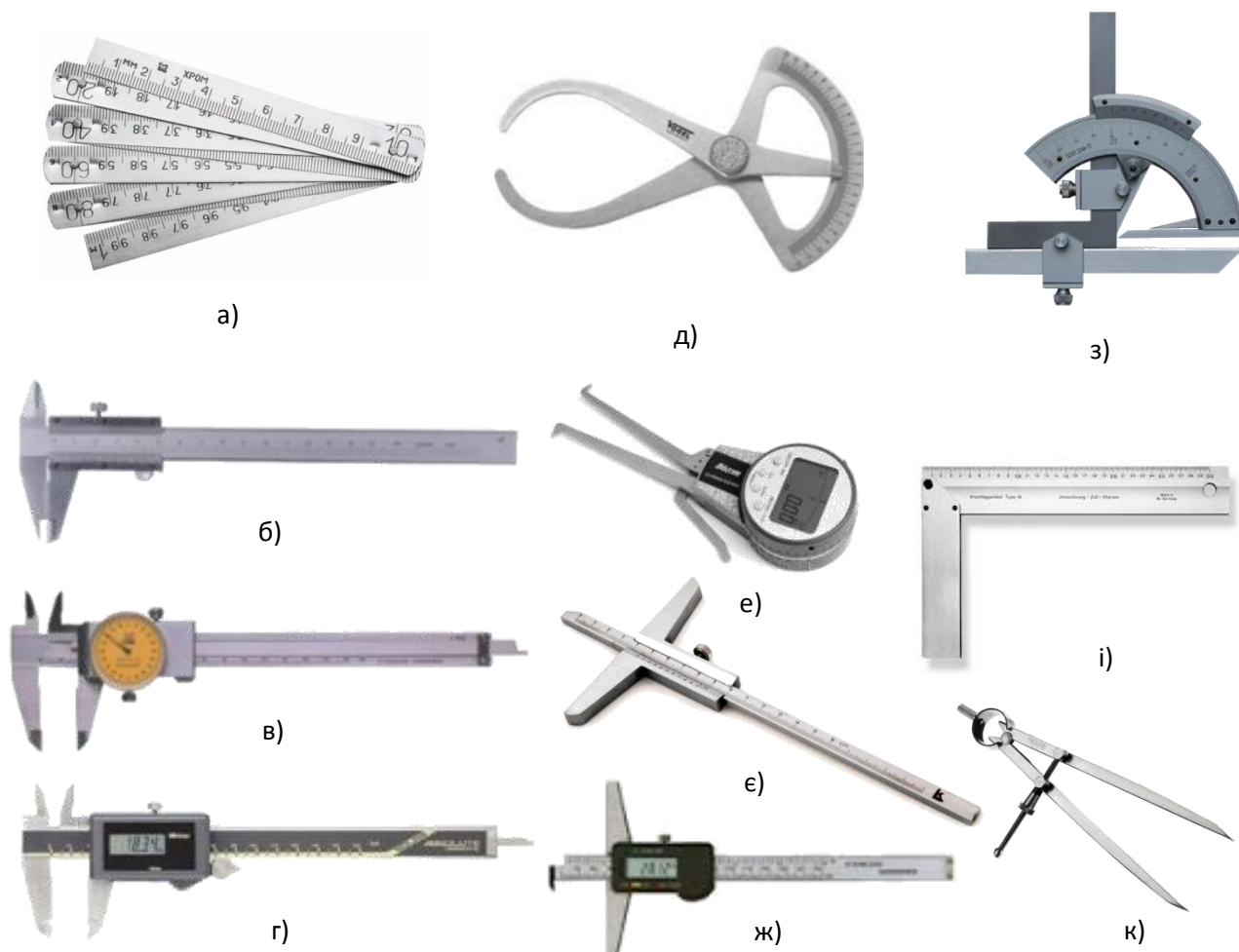
До простих спеціальних інструментів для контролю розмірів, що використовуються в слюсарній справі, відносяться: лінійка кутова з двохстороннім скосом, лінійка прямокутна, шаблон різьбовий, щуп, пробка збірна одностороння, пробка двостороння гранична, скоба гранична одностороння та скоба гранична двостороння (рис. 3.24).

**Універсальний штангенциркуль** – це мірний інструмент, що служить для внутрішніх і зовнішніх вимірів довжини, діаметра і глибини. Він складається з направляючої штанги, виконаної за одне ціле з губкою, що має дві опорні поверхні (нижню – для зовнішніх і верхню – для внутрішніх

вимірів), повзуни, які складають одне ціле з нижньою рухливою губкою для зовнішніх вимірів і верхньою рухливою губкою – для внутрішніх вимірів, затискної рамки і рейки глибиноміра, що висувається. На направляючій штанзі нанесені міліметрові поділки. На нижній частині повзуна дані ділення ноніуса. Штангенциркулі односторонні і двосторонні відрізняються від штангенциркуля універсального конструкцією. Діапазон вимірів штангенциркулів різних розмірів – від 0 до 2000 мм.

**Ноніус** – це ділення, нанесені на нижній частині повзуна штангенциркуля.

При відліку за допомогою ноніуса до числа цілих ділень штанги, розташованих нижче нуля шкали ноніуса, потрібно додати число десятих або сотих доль міліметра, яке відповідає числу інтервалів на шкалі ноніуса до штриха цієї шкали, співпадаючого зі одним з штрихів шкали штанги. Залежно від градування ноніуса, штангенциркулем можна вимірювати розміри з точністю до 0,1; 0,05 або 0,02 мм.



*Рис. 3.23. Універсальні вимірювальні інструменти:*

*а - мірна металева лінійка; б - штангенциркуль ноніусний; в - штангенциркуль циферблатний; г - штангенциркуль цифровий; д – кронциркуль; е- нутромір; є - штангенглибиномір ноніусний; ж - штангенглибиномір цифровий; з - кутомір універсальний; і - косинець плоский на 90°; к - циркуль*

Штангенциркуль з точністю вимірів до 0,1 мм має ноніус з десятима діленнями на довжині 9 мм, тобто відстань між діленнями ноніуса складає 0,9



мм.

*Рис. 3.24. Прості спеціальні інструменти для контролю розмірів:  
а – лінійка кутова з двостороннім скосом; б – лінійка прямокутна;  
в – шаблон різьбовий; г - щуп; д – пробка збірна одностороння; е-пробка  
двостороння гранична; е – скоба гранична одностороння; ж – скоба  
гранична двостороння*

Штангенциркуль з точністю вимірів до 0,05 мм має ноніус з двадцятьма діленнями на довжині 19 мм, тобто відстань між діленнями ноніуса складає 0,95 мм.

Штангенциркуль з точністю вимірів до 0,02 мм має ноніус з п'ятдесятьма діленнями на довжині 49 мм, тобто відстань між діленнями дорівнює 0,98 мм.

**Кронциркуль** – це мірний інструмент, що використовується в слюсарній справі для зняття і перенесення розмірів деталі на масштаб. Розрізняють такі види кронциркульів і нутромірів: нормальні для зовнішніх або внутрішніх вимірів; пружинні для зовнішніх або внутрішніх вимірів. У кронциркулі може бути шкала для внутрішніх вимірів.

**Циркуль** служить для викреслювання кіл, кривих ліній або для послідовного перенесення положення точок на лінії при розмітці деталей. Розрізняють пружинні циркулі та циркулі з дуговим установом.

Шаблон кута, що називається **косинцем**, служить для перевірки або викреслювання кутів на площині оброблюваного виробу. Косинці бувають плоскі (звичайні і лекальні), а також плоскі з широкою основою. Косинець на 90° – це сталевий шаблон прямого кута. Часто використовуються сталеві косинці з кутом 120°, 45° і 60°.

Прямокутні і грановані **лінійки** є простим слюсарним допоміжним інструментом для перевірки площинної або прямолінійності поверхні.

До прямокутних лінійок відносяться суцільні прямокутні, з широкою робочою поверхнею двотаврового перерізу та лінійки-містки з широкою робочою поверхнею. Грановані лінійки бувають з двостороннім скосом, тригранні, чотиригранні. Грановані лінійки виконуються з високою точністю.

До шаблонів, які часто використовує слюсар, відносяться: косинці, шаблони для різьблення, щупи, шаблони для фасонних поверхонь.

До **інструментів і приладів для точних вимірів** відносяться: штангенциркулі одно- або двосторонні, еталонні і кутові плитки, мікрометри для зовнішніх вимірів, нутроміри мікрометричні, глибиноміри мікрометричні, індикатори, профілометри, проектори, вимірювальні мікроскопи, вимірювальні машини, а також різного виду пневматичні та електричні прилади і допоміжні пристрої.

**Вимірювальні індикатори** призначені для порівняльних вимірів шляхом визначення відхилень від заданого розміру. У поєднанні з відповідними пристосуваннями індикатори можуть застосовуватися для безпосередніх вимірів.

Вимірювальні індикатори, що є механічними стрілочними приладами, широко застосовуються для виміру діаметрів, довжин, для перевірки геометричної форми, співвісності, овальності, прямолінійності, площинності і т. п. Крім того, індикатори часто використовуються як складова частина приладів і пристосувань для автоматичного контролю і сортування. Ціна ділення шкали індикатора зазвичай дорівнює 0,01 мм, у ряді випадків – 0,002 мм. Різновидом вимірювальних індикаторів є мініметри і микрокатори.

**Вимірювальні пристосування** призначені для виміру виробів великих розмірів.

**Вимірювальні проектори** – це прилади, що відносяться до групи оптичних, засновані на використанні методу безконтактних вимірів, тобто вимірів розмірів не самого предмета, а його зображення, відтвореного на екрані в багатократному збільшенні.

**Вимірювальні мікроскопи**, як і проектори, відносяться до групи оптичних приладів, в яких використовується безконтактний метод вимірів. Вони відрізняються від проекторів тим, що спостереження і вимір виконуються не на зображенні предмета, спроектованому на екрані, а на збільшеному зображенні предмета, спостережуваному в окулярі мікроскопа. Вимірювальний мікроскоп служить для виміру довжин, кутів і профілів різноманітних виробів (різьб, зубів, шестерень тощо).

До **допоміжних вимірювальних пристосувань** відносяться: плити, лінійки, призми, штихмаси, синусні лінійки, рівні, вимірювальні стійки і вимірювальні клини (рис. 3.25).

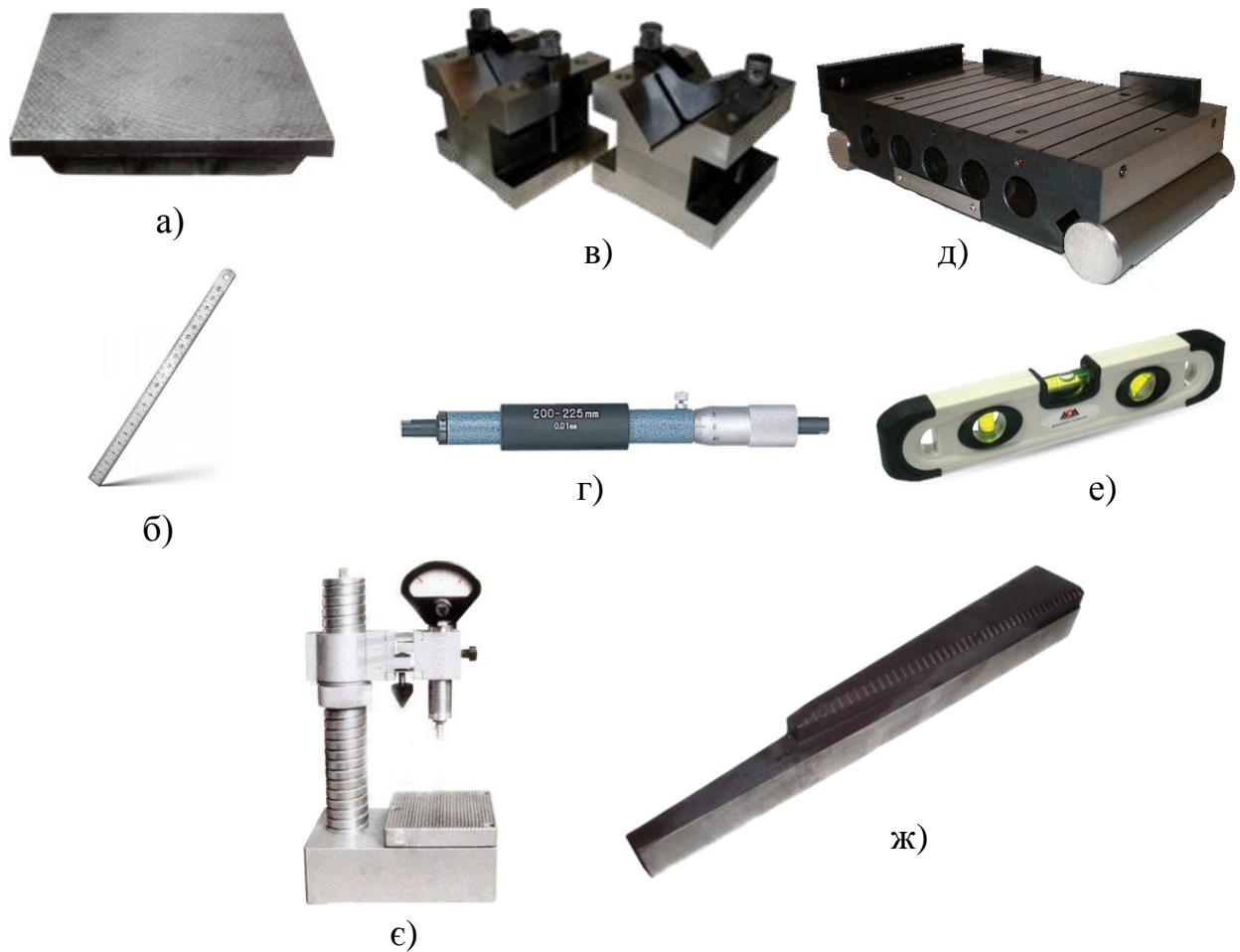


Рис. 3.25. Допоміжні вимірювальні пристосування:  
 а - плита для вимірювання; б - вимірювальна лінійка; в - призма;  
 г – штихмаса; д - синусна лінійка; е - рівень; е - вимірювальна стійка;  
 ж – вимірювальний клин

Усі вимірювальні прилади відрізняються високою точністю виконання та вимагають ретельного догляду. Забезпечення відповідних умов використання і зберігання є гарантією довговічності їх роботи і точності. Неправильне поводження веде до передчасного зносу і псування, неможливості експлуатації та навіть до ушкодження вимірювальних приладів.

При експлуатації вимірювальних інструментів і приладів недопустимі механічні ушкодження, різкі перепади температури, намагнічення, корозія. Необхідними вимогами при експлуатації вимірювальних інструментів та приладів є дотримання чистоти, кваліфіковане обслуговування і, передусім, добре знання конструкцій і умов експлуатації вимірювальних приладів.

Необхідними вимогами при експлуатації вимірювального інструменту і приладів є дотримання чистоти, кваліфіковане обслуговування і, насамперед, добре знання конструкцій та умов експлуатації вимірювальних приладів.

### **Контрольні запитання**

1. Назвати чи які є види слюсарної роботи?
2. Для чого служить розмітка?
3. Перерахуйте інструмент, використовуваний при розмітці?
4. З якого матеріалу виготовляють слюсарне зубило, його призначення?
5. Основні відмінності крейцмейселя від слюсарного зубила?
6. Перерахуйте типи молотків загального призначення.
7. Основні технологічні вимоги при згинанні труб.
8. В залежності від чого обирають форму напилків?
9. Призначення операції шабрування.
10. Опишіть процес шабрування на фарбу.
11. Опишіть будову свердла.
12. Перерахуйте та охарактеризуйте основний універсальний вимірювальний інструмент.
13. Для чого використовується штихмаса?
14. У чому полягає польова структура (панданна зона) токарного і фрезерного інструментів?
15. Як розрахувати зону польової структури свердла, пальцевої фрези, дискової фрези, токарного інструмента?

## РОЗДІЛ 4. ВІДОМОСТІ ПРО ТОКАРНУ РОБОТУ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ

### 4.1. Основні відомості про токарну обробку

#### 4.1.1. Суть токарної обробки

Заготовки, призначені для виготовлення деталей машин, механізмів, приладів та інших виробів, найчастіше обробляють різанням: їх обточують (токарна обробка), свердлять, фрезерують, стружать, шліфують тощо.

Вали, шківни, зубчасті колеса та багато інших деталей, які належать до тіл обертання (рис. 4.1), обробляють на токарних верстатах для одержання циліндричних, конічних, фасонних та плоских поверхонь, а також канавок, різьб, фасок і галтелей, тобто радіусних переходів (рис. 4.2).

*Токарна обробка* – це різновид оброблення матеріалів різанням, за якого з поверхні заготовки зрізують шар металу, так званий припуск.

*Заготовкою* називається предмет виробництва, з якого зміною форми, розмірів, властивостей поверхні та матеріалу отримують *деталь*.

Заготовки є продуктом виробництва: ливарного (відливки) і ковальського (поковки вільного кування, поковки, штамповки), або ж їх нарізують з прокату. Спосіб виготовлення залежить від конструктивних вимог до деталі та виду виробництва заготовок. Бажано, щоб форма заготовки якомога менше відрізнялася від форми готової деталі.

*Припуск* на обробку, тобто товщина зрізуваного шару, має бути достатнім для виготовлення деталі заданої форми і розмірів. Так, надто малий припуск може призвести до браку (на поверхні деталі залишається необроблена ділянка), а занадто великий – до зайвих витрат металу та підвищення трудомісткості обробки. Припуски визначають за довідниками.

Залежно від зрізуваного припуску розрізняють *чорнову* і *чистову* обробку.

Для забезпечення процесу різання на токарному верстаті мають здійснюватися два рухи (рис. 4.3): *головний*  $V$  – обертання заготовки та *рух подачі*  $S$  – поступальний рух різця, який створює умови для безперервного врізування різця в нові шари металу.

На заготовці, яку піддають токарній обробці, розрізняють такі поверхні:

- *оброблювану*, з якої зрізають шар металу;
- *оброблену*, тобто одержану внаслідок зняття шару металу;
- *поверхню різання*, що утворюється на оброблюваній заготовці безпосередньо за різальною кромкою різця.

Залежно від форми та положення різальної кромки, поверхня різання може бути простою (циліндричною, плоскою) і складною (конічною, фасонною, нарізною) (див. рис. 4.2).

## 4.1.2. Токарний верстат та організація робочого місця

Токарний верстат, оснащений спеціальним пристроєм для нарізування різьби, називається *токарно-гвинторізним* або *універсальним* (рис. 4.4). Розглянемо головні частини і вузли такого верстата.

*Станина 8* - це масивна чавунна основа, на якій змонтовано головні вузли верстата, її верхня частина має дві плоскі та дві призматичні напрямні, по яких переміщуються супорт 4 і задня бабка 5. Станина встановлена на двох тумбах.

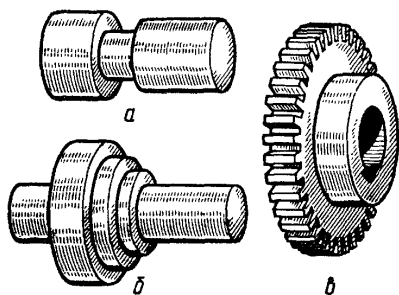


Рис. 4.1. Типові деталі, що виготовляються на токарних верстатах:  
а - ступінчастий вал; б - шків;  
в - зубчасте колесо

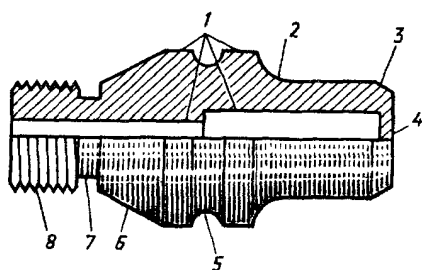


Рис. 4.2. Види поверхонь, які одержують токарною обробкою:  
1 - циліндричні; 2 - гантель; 3 - фаска; 4 - плоска (торцева); 5 - фасонна; 6 - конічна; 7 - канавка;  
8 - нарізна

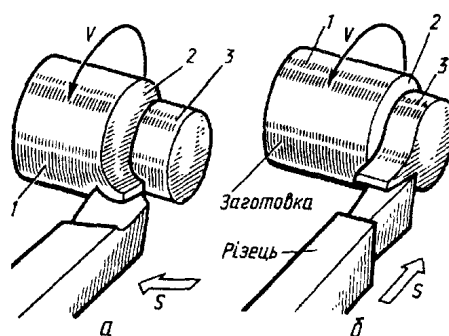


Рис. 4.3. Рухи у процесі токарної обробки та поверхні на оброблюваній заготовці: а - робота підрізним різцем; б - відрізним; V - головний рух; S - рух подачі; 1 - оброблювана поверхня; 2 - поверхня різання; 3 - оброблена поверхня

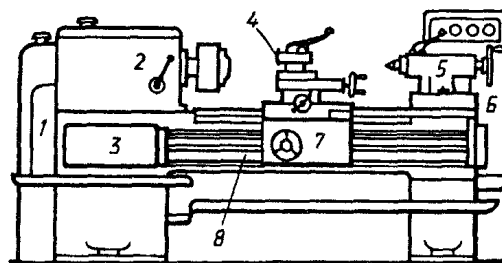


Рис. 4.4. Загальний вигляд токарно-гвинторізного верстата 1К62:  
1 - гітара зі змінними зубчастими колесами (шестернями); 2 - передня бабка з коробкою швидкостей; 3 - коробка подачі; 4 - супорт; 5 - задня бабка; 6 - шафа з електрообладнанням; 7 - фартух; 8 - станина

*Передня бабка 2* - це чавунна коробка, всередині якої міститься головний робочий орган верстата - шпиндель - і коробка швидкостей. Шпиндель являє собою вал з осьовим отвором. На правому кінці шпинделя кріпиться пристрій (наприклад, патрон), що затискує заготовку. Обертальний рух до шпинделя передається від електродвигуна, розміщеного в лівій тумбі, через клинопасову передачу та механізм, який складається зі зубчастих коліс, розташованих



усередині передньої бабки. Цей механізм називається *коробкою швидкостей*. Він призначений для зміни частоти обертання (кількості обертів за хвилину) шпинделя.

*Супорт 4* – це пристрій для закріплення різця та забезпечення руху подачі, тобто переміщення різця в поздовжньому і поперечному напрямках.

Рух подачі може здійснюватися вручну або механічно. Механічний (автоматичний) рух подачі супорт отримує від ходового вала або ходового гвинта (коли нарізується різьба). Супорт складається з таких вузлів:

- каретки, що переміщується по напрямних станини;
- фартуха 7, в якому міститься механізм перетворення обертального руху шпинделя в прямолінійний рух супорта;
- поперечних полозків;
- верхніх (нарізних) полозків;
- різцетримача.

*Коробка подач 3* являє собою механізм, який передає обертання від шпинделя до ходового вала або ходового гвинта. Вона призначена для зміни швидкості руху подачі супорта (або кроку різьби). Обертальний рух до коробки подач передається від шпинделя через реверсивний механізм (трэнзель) і гітару зі змінними зубчастими колесами (шестернями).

*Гітара 1* призначена для налагодження верстата на різні кроки нарізуваної різьби.

*Задню бабку 5* використовують для підтримування кінців довгих заготовок у процесі оброблення, а також для закріплення й подавання стержневих інструментів (свердел, зенкерів, розверток).

Електрообладнання верстата розміщено в *шафі 6*.

Вмикання і вимикання електродвигуна, пуск і зупинка верстата, керування коробкою швидкостей, коробкою подач, механізмом фартуха тощо здійснюється відповідними органами керування (рукоятками, кнопками, маховичками).

*Робочим місцем* називається частина виробничої площі цеху, на якій розміщується один або кілька операторів-верстатників і обслуговувана ними одиниця технологічного обладнання (верстат), а також оснащення і (на певний час) предмети виробництва.

Планування робочого місця токаря (рис. 4.5) залежить від габаритних розмірів і призначення верстата, розмірів і маси оброблюваних заготовок, а також типу виробництва. На робочому місці встановлюють стелаж та інструментальну шафу. Заготовки і деталі укладають на стелажі, причому, великі – на його нижній полиці. Оскільки заготовку закріплюють у патроні правою рукою, стелаж встановлюють праворуч від токаря.

Одну з конструкцій інструментальної шафи із секторними ящиками зображено на рис. 4.6. У верхньому ящику шафи зберігають креслення, технологічні карти, робочі наряди, довідники, вимірювальні інструменти. У середній ящик складають різні інструменти, згруповані за типами й розмірами. Нижче послідовно розміщують стержневі різальні інструменти, перехідні

втулки, центри, хомутики. У найнижчий ящик шафи складають патрони й кулачки до них. Не слід захаращувати шафу зайвим запасом інструментів: усе потрібне для роботи ліпше отримати на початку зміни зі складу. Перед початком роботи усі предмети, які беруть правою рукою, розміщують праворуч від працюючого, а ті, що беруть лівою рукою, - ліворуч. Предмети, якими користуються частіше (наприклад, ключ патрона), кладуть ближче, ніж предмети, якими користуються рідше (наприклад, ключ різцетримача).

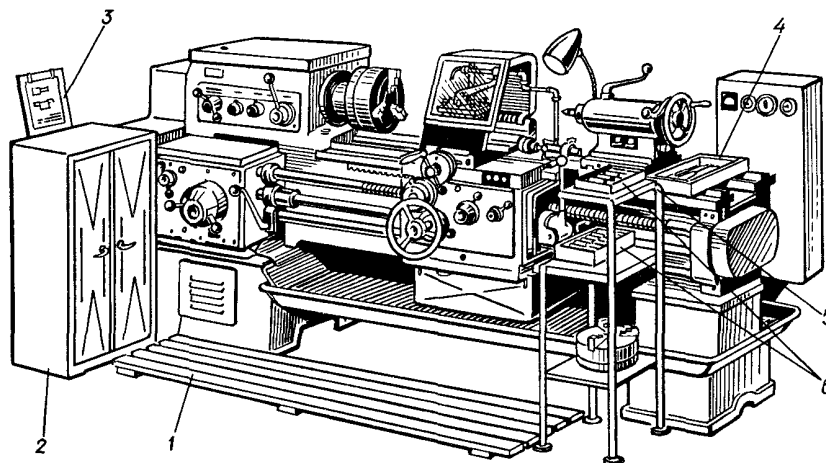


Рис. 4.5. Робоче місце токаря (верстат 1К62):

1 - решітка; 2 - інструментальна шафа, 3 - планшет для креслення;  
4 - лоток для інструментів; 5 - стелаж; 6 – ящики для заготовок і готових деталей

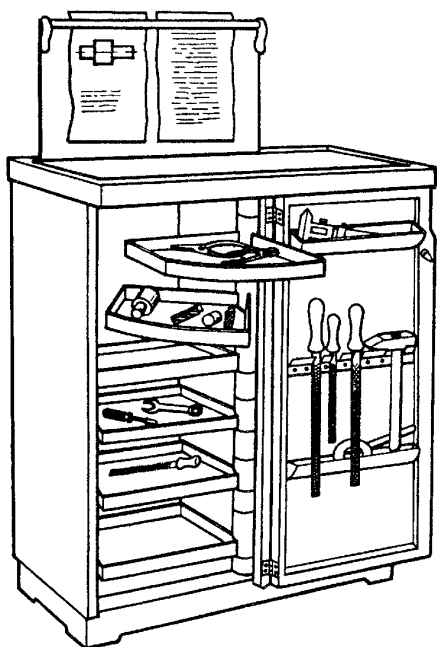


Рис. 4.6. Інструментальна шафа

Потрібні для роботи ключі й підкладки укладають на дерев'яний лоток, який розміщують на передній бабці.

На підлогу перед верстатом кладуть дерев'яну решітку. Робоче місце слід завжди тримати в чистоті, оскільки бруд і безлад призводять до втрати робочого часу, браку, нещасних випадків, простоювання та передчасного зношування верстата. Підлога на робочому місці має бути рівною й чистою, без патьоків масла та мастильно-охолодної рідини (МОР).

Робоче приміщення обладнується пристроями для видалення забрудненого повітря та притоку чистого. Температура повітря в цеху (майстерні) має становити 15–18 °С.

Робітник на своєму робочому місці не повинен зазнавати шкідливого впливу з боку суміжних робочих місць.

### 4.1.3. Металооброблювальні верстати для токарної обробки

Найбільш точними металооброблювальними верстатами з ЧПК у сучасній промисловості, які використовують для токарної обробки надточних деталей, є верстати, що мають крок позиціонування 1 мкм та 0,5 мкм, тому для проведення дослідних робіт був обраний оброблювальний верстат IКEGAI (виробництва Японії) мод. AT25Z (рис. 4.1). У складі цього верстата є стійка ЧПК типу CNC мод. FANUC (рис. 4.2).

Похибка переміщень головних виконавчих механізмів такого верстата складає не більш 1 мкм, що забезпечує достатню точність при виготовленні прецизійної приладобудівної продукції в промислових умовах при наявності відповідного програмного забезпечення. Технічні характеристики верстата наведені в табл. 4.1. При застосуванні гідравлічного патрона в діапазоні швидкості шпинделя, близької до максимально припустимої частоти обертання шпинделя для патрона необхідно, щоб заготовка деталі забезпечувала баланс.

Крім того, зусилля зажиму зменшується внаслідок відцентрової сили, тому варто встановити тиск патрона на рівні, близькому до максимально допустимого тиску для патрона. При цьому стандартні м'які кулачки встановлені так, щоб зовнішні кінці поєднувалися з навколишньою поверхнею корпусу патрона. При застосуванні кулачків розміром більше, ніж стандартні м'які кулачки, сила зажиму знижується у ступені, що перевищує вказані величини, в силу підвищення відцентрової сили, та знижується в зворотньому випадку. При цьому необхідно знизити швидкість шпинделя.



Рис. 4. 1. Загальний вигляд металооброблювального верстата IКEGAI



Рис. 4. 2. Загальний вигляд стійки програмного керування типу CNC металооброблювального верстата IKEGAI

Таблиця 4.1

**Технічні характеристики металооброблювального верстата мод. IKEGAI**

Позиція			Характеристики			
			AT20ZJ	AT20ZU	AT25ZJ	AT25ZU
1	2	3	4		5	
Праце-здат-ність	Стандартн. діам. обробл. деталі	мм	Ø200		Ø250	
	Макс. довжина обробл. деталі	мм	700			
Голов-ний шпин-дель	Діаметр гол. шпинделя	мм	Ø120			
	Діаметр наскрізного отвору	мм	(Ø77 пруткова заготовка: макс. Ø65)			
	Кінець гол. шпинделя		ASA A2-8			
	Діам. отвору кінц. шпинд.		Ø85H7			
	Частота оберт. гол. шпинделя	об/хв	160-4000		40-3150 (2 ступен.)	
Револь-верна головка (по осі Z)	Хід	мм	700			
	Прискорене переміщення	мм/хв	12000			
	Подача PI	мм/хв	1-10000			
Перемі-щення інстру-мента (по осі X)	Хід	мм	250			
	Прискорене переміщення	мм/хв	10000			
	Кількість інструментів		12			
	Подача PI	мм/хв	1-10000			

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4		5	
Оберт- това подача голов- ного шпин- деля (по осі С)	Прискорене переміщення	об/ хв	-	20	-	20
	Найменша вхідна різниця		25°( гол. ел. двигун)	0,001°	25°(гол. ел. двигун)	0,001°
Електро- двигуни	Головний електродвигун	кВт	11/15 пост. т. (безперер. /30 хвил)		15/20 пост. т. (безперер. /30 хвил)	
	Електродвигун рушія інструмента шпинделя	кВт	2,2/3,7 пост. т. (безперер. /30 хвил)			
	Сервомотор для осі Z	кВт	1,1			
	Сервомотор для осі X	кВт	0,8			
	Електродвигун гідронасоса	кВт	1,5			
	Електродвигун насоса охолодж. рідини	кВт	0,4			
	Сервомотор для осі С	кВт	-	0,8	-	0,8
Задня бабка	Діаметр шпинделя	мм	Ø100			
	Переміщення задньої бабки	мм	500			
	Хід шпинделя задньої бабки	мм	100			
	Конусний отвір		МТ №4			
	Діаметр циліндра	мм	Ø65			
Гідрав- лічна система	Об'єм бака	л	40			
	Діапазон регулювання тиску	кг/ см <sup>2</sup>	Макс. 45			
Об'єм бака охолоджувальної рідини		л	180			
Споживання електроенергії		кВА	25		35	
Потрібна площа під верстат		мм	3180×1650			
Вага нетто верстата		кг	5900		6200	

Верстат токарно-гвинторізальний мод. 1К62 (табл. 4.1) призначений для виконання чистових та напівчистових токарних робіт, для нарізання метричної, дюймової, модульної, пітчевої різьб (правих та лівих) з нормальним та збільшеним кроком, одно - та багатозаходових різьб, нарізання архімедової спіралі з кроком 3/8 та 7/16 дюймів; 8; 10 та 12 мм та для копірвальних робіт. Верстат застосовується у мілкосерійному та одиничному виробництві.

Рушій верстата здійснено від окремого електродвигуна асинхронного типу. Зміну чисел обертів шпинделя та налагодження величини подачі (кроку різьби, яку нарізають) здійснено коробками швидкостей та подач. Керування коробками швидкостей та подач здійснено відповідними важелями. Пуск, зупинка та реверсування шпинделя здійснено фрикціоною муфтою. Для нарізання точної різьби зроблено вмикання ходового гвинта напрямку, без коробки подач, крізь змінні зубчасті колеса. Механічні переміщення супорта у поздовжньому та поперечному напрямках виконуються мнемонічним важелем, розташованим на фартусі супорта.

Швидкі переміщення, здійснювані від окремого електродвигуна, включаються електрокнопкою на мнемонічному важелі. При свердлінні можна використовувати механічну подачу задньої бабки від каретки. У верстаті є задня різальна голівка; можливі також роботи по опорах та обточуванню конусів за копірною лінійкою. Верстат виготовлюється трьох типів – з відстанню між центрами: 710 мм, 1000 мм та 1400 мм.

Отже, на прикладі верстата (рис. 4.1, табл. 4.1, табл. 4.2) можна уявити вплив головного рушія верстата на характер його робочих характеристик. Зміна стану РІ, котрий виконує певну операцію, наприклад, критичний знос, защемлення в матеріалі заготовки, впливає на характеристики головного рушія, коли виникає зміна внутрішнього параметру ковзання.

Тобто, виходячи з цього, можна стверджувати, що, аналізуючи навантаження рушія верстата, можна зробити висновок про стан або ситуацію, в технологічному процесі, що виконується.

Таблиця 4.2

### Основні технічні характеристики верстата 1К62

Основні розміри	
Найбільший зовнішній діаметр виробу, що оброблюється, мм:	
- над станиною	400
- над супортом	220
Найбільша довжина обточування (відповідно відстань між центрами), мм	640; 930; 1330
Найбільший діаметр прутка, що обробляється, мм	45
Найбільша відстань між центрами, мм	710, 1000, 1400
Крок різьби, що нарізають:	
- метричної, мм	1 ÷ 192
- дюймової (число ниток на 1")	24 ÷ 2
- модульної, мм	0,5 ÷ 48
- пітчевої, пітчи	96 ÷ 1
Супорт	
Число різців у різцетримачі	4
Найбільший розмір перерізу тримача різця (ширина x висота), мм	25 x 25
Відстань від опорної поверхні різця до лінії центрів, мм	25
Найбільша відстань від лінії центрів до кромки різцетримача, мм	240
Найбільше переміщення супорта, мм:	
- поздовжнє (відповідно відстані між центрами)	640; 930; 1330
- поперечне	250

Ціна одного ділення, мм:	
- поздовжнього переміщення	1
- поперечного переміщення	0,05
Різальні ковзанки	
Найбільший кут повороту, град	-65 ÷ +90
Найбільше переміщення, мм	140
Ціна одного ділення шкали повороту, град	1
Ціна одного ділення лімбу, мм	0,05
Шпиндель	
Конус отвору шпинделя	Морзе № 6
Діаметр отвору, мм	47
Задня бабка	
Конус отвору пінолі	Морзе № 5
Найбільше переміщення пінолі, мм	200
Ціна одного ділення лімбу переміщення пінолі, мм	0,05
Поперечний зсув бабки, мм	± 15

#### 4.1.4. Інструментальні матеріали

Під час оброблення метал чинить опір зніманню стружки, тобто створює опір роботі інструмента. Тому до матеріалу, з якого виготовляють інструмент, ставляться *високі вимоги*.

Щоб різальна частина інструмента могла вриватися у поверхню заготовки, твердість її має бути вищою за твердість оброблюваного металу.

У процесі оброблення метал, чинячи опір проникненню різальної частини інструмента у зрізуваний шар, тисне на передню поверхню леза. Ця сила тиску намагається зігнути, зламати інструмент. А отже, матеріал, з якого виготовлено інструмент, повинен мати достатню міцність.

Різальна кромка інструмента, яка під час роботи зазнає ударних навантажень, не повинна викришуватися, тому матеріал має бути в'язким.

Передня і задня поверхні інструмента, стикаючись у процесі різання з металом, стираються та нагріваються до температури 1000°C, унаслідок чого інструмент затупляється.

Отже, інструментальні матеріали мають бути зносостійкими за високої температури впродовж тривалого часу, тобто вони повинні мати високу теплостійкість.

До основних інструментальних матеріалів належать *швидкорізальні сталі* P9, P12, P18, P6M5, P9K5 та ін. Після термічної обробки ці сталі набувають високої твердості (HRC 62...65), міцності й зносостійкості. Інструмент, виготовлений з цих сталей, зберігає різальні властивості, нагріваючись під час роботи до температури 600...650 °C.

Для інструментів, що працюють на високих швидкостях, застосовуються *металокерамічні тверді сплави* у вигляді пластинок та коронок різних розмірів і форм.

Розрізняють три групи металокерамічних сплавів: вольфрамову (ВК), титановольфрамову (ТК) і титанотанталовольфрамову (ТТК).

Різці, оснащені пластинками твердих сплавів вольфрамової групи, використовуються для оброблення чавунів, кольорових металів і сплавів: ВК8 - для обдирної обробки, ВК6 - для чистової, ВК3 - для тонкої чистової обробки.

Тверді сплави титановольфрамової групи призначені для обробляння вуглецевих і легованих сталей. Для чорнової обробки, а також у разі переривистого різання використовують різці, оснащені пластинками Т5К10, для напівчистової і чистової обробки - різці з пластинками Т15К6.

Тверді сплави титанотанталовольфрамової групи (ТТ7К12) використовуються для чорнової обробки по кірці сталевих поковок, штамповок і відливків з раковинами та різними неметалевими включеннями, а також у разі роботи, пов'язаної з ударами. Для тонкої чистової обробки застосовують твердий сплав Т30К4.

Наведемо приклади розшифровування марок інструментальних матеріалів: Р18 - 18 % вольфраму; Р6М3 - 6 % вольфраму, 3 % молібдену; Р9К5 - 9 % вольфраму, 5 % кобальту; ВК8 - 8 % кобальту, решта - карбід (у сполуці з вуглецем) вольфраму WC; Т5К10 - 5 % карбіду титану, 5 % кобальту, решта - карбід вольфраму; ТТ7К12 - 7 % карбіду титану і танталу, 12 % кобальту, решта - карбід вольфраму.

Найтвердішими серед інструментальних матеріалів є алмази. Технічні алмази бувають природні і штучні (синтетичні). Застосування алмазних інструментів дає можливість продуктивно й високоякісно обробляти чавун, бронзу, кераміку, скло.

Для чистової обробки по твердій сталі застосовують синтетичний інструментальний матеріал на основі кубічного нітриду бору ( $B_4N$ ) - *композит*, відомий і під іншими назвами - борозон, ельбор.

#### 4.1.5. Токарні різці

Одним з головних інструментів токаря є різець (рис. 4.3). Він складається з приєднуваної частини (*державки* або *стержня*) і різальної частини – головки у формі клина. Клин – це найпростіший механізм для збільшення прикладеного зусилля та виконання роботи різання.

Безпосередньо роботу різання виконує різальна кромка різця – *лезо*.

Під дією сили  $P$ , створюваної верстатом, лезо візається у поверхневий шар, тиснучи на нього.

Стиснута частина (елемент) металу сколюється та зсовується. Так само піддаються натисканню, сколюються й зсовуються наступні елементи, утворюючи стружку (рис. 4.4).



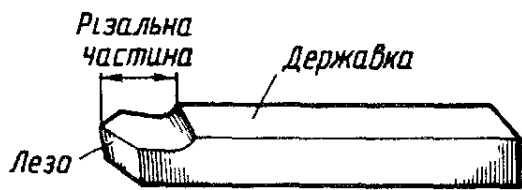


Рис. 4.3. Токарний різець

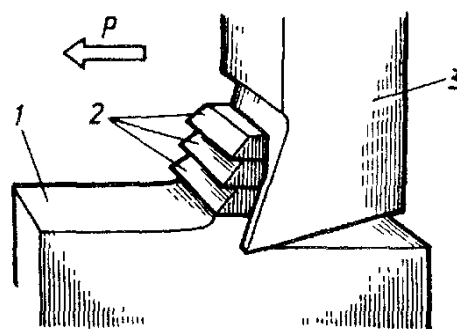


Рис. 4.4. Процес утворення стружки: 1 - заготовка, 2 - стружка, 3 - різець

За формою головки розрізняються різці *прямі, відігнуті та з відтягнутою головкою* (рис. 4.5).

За технологічним призначенням різці можуть бути (рис. 4.6): *прохідні, прохідні відігнуті, упорні, підрізні (торцеві), прорізні, відрізні, фасонні, нарізні та розточувальні*.

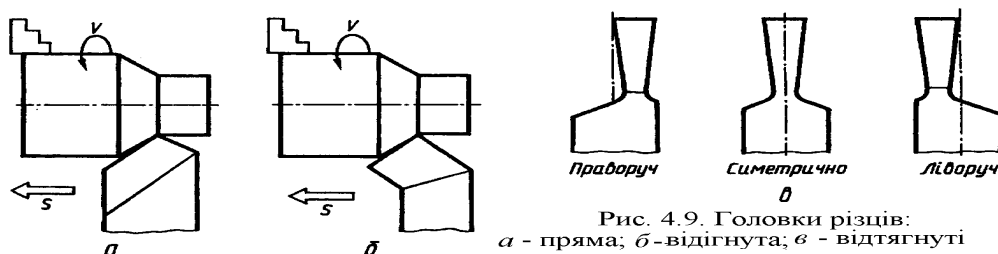


Рис. 4.9. Головки різців: а - пряма; б - відігнута; в - відтягнута

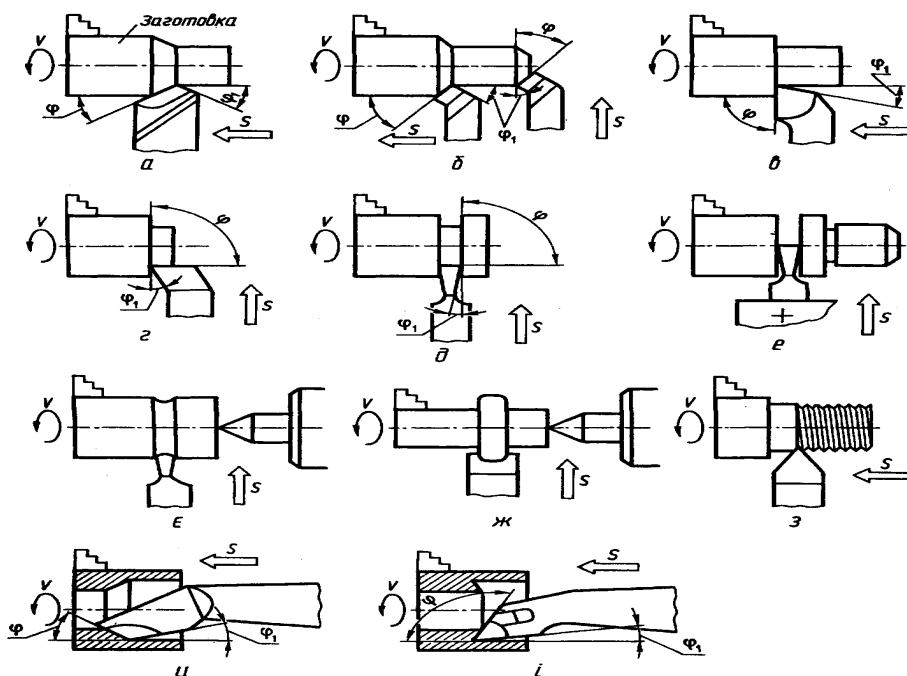


Рис. 4.6. Технологічна класифікація різців  
 а - прохідний прямий, б - прохідний відігнутий, в - прохідний упорний,  
 г - підрізний (торцевий), д - прорізний (канавковий), е - відрізний,  
 ж - фасонні, з - різьбонарізний; и - розточувальний прохідний;  
 і - розточувальний упорний

Розрізняють також різці *чорнові* та *чистові*.

Залежно від положення різальної кромки, різці поділяються на *праві* і *ліві* (рис. 4.7). Правий різець використовується для подачі справа наліво (від задньої бабки токарного верстата до передньої), а лівий - для подачі зліва направо.

За конструкцією різці можуть бути *суцільні*, тобто виконані з одного металу, і *складені*. Державка складених різців виготовляється з конструкційної сталі, а робоча частина – з інструментального матеріалу, її до державки приварюють, напаюють або механічно притискують (рис. 4.8).

Нині досить часто використовують різці з механічним кріпленням *непереточуваних багатолезових різальних твердосплавних пластинок*. Деякі з таких різців зображено на рис. 4.9.

На лезі інструмента розрізняють такі поверхні (рис. 4.10):

*передню 1* – що в процесі різання контактує зі стружкою; *головну задню 5* – що під час різання контактує з поверхнею заготовки; *допоміжну задню 6* – повернуту до заготовки, але не в контакт з нею.

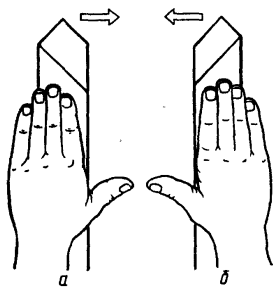


Рис. 4.7. Види різців залежно від напрямку руху подачі:  
а - лівий; б - правий

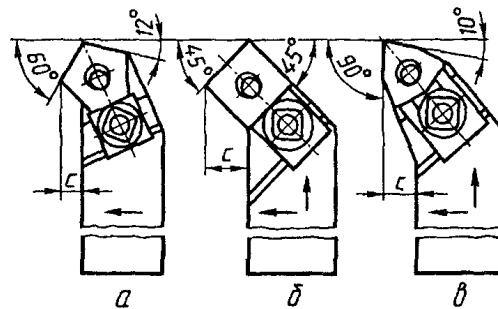


Рис. 4.9. Різці з механічним кріпленням багатолезових непереточуваних твердосплавних пластинок:  
а - п'ятилезової, б - чотирилезової, в – трилезово .

Передня і задня поверхні леза можуть бути як криволінійними, так і плоскими. Працездатність різця значною мірою залежить від геометричних параметрів його леза, тобто від сукупності кутів, що визначають положення у просторі елементів леза, а саме – від кутів у плані та головних кутів.

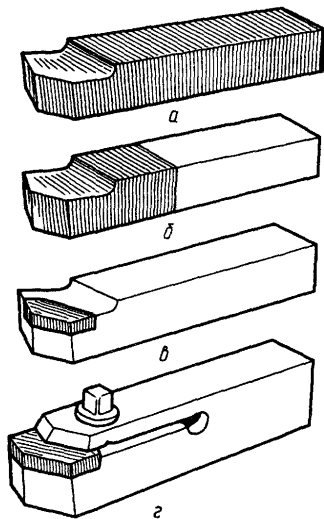


Рис. 4.8. Різновиди різців за способом кріплення робочої частини: а - суцільний; б - стиковарний, в - напайний; г - з механічним кріпленням твердосплавної пластинки

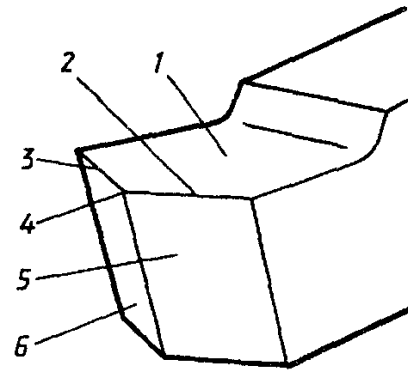


Рис. 4.10. Елементи головки різця:  
1 - передня поверхня; 2 - головна різальна кромка; 3 - допоміжна різальна кромка, 4 - вершина різця; 5 - головна задня поверхня; 6 - допоміжна задня поверхня

Передня і задня поверхні леза можуть бути як криволінійними, так і плоскими.

Працездатність різця значною мірою залежить від геометричних параметрів його леза, тобто від сукупності кутів, що визначають положення у просторі елементів леза, а саме – від кутів у плані та головних кутів.

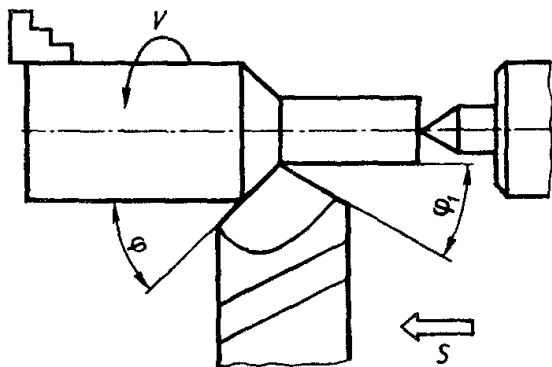


Рис. 4.11. Кути різця в плані: головний; допоміжний головний кут у плані,  $\phi_1$  – допоміжний кут у плані.

Кутами в плані (рис. 4.11) називаються кути між різальною кромкою різця і напрямком подачі:  $\phi$  -

Головними кутами леза різця є такі (рис. 4.12): передній кут  $\gamma$ , задній кут  $\alpha$ , кут загострення  $\beta$ , кут різання  $\delta$ .

Важливу роль у процесі різання відіграє кут нахилу різальної кромки  $\lambda$ , (рис. 4.13), від якого залежить напрямок сходження стружки.

Числові значення кутів леза вибирають за довідником токаря залежно від умов обробки.

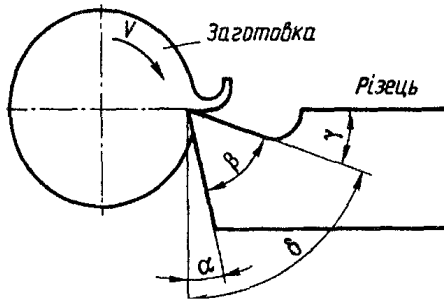


Рис. 4.12. Головні кути леза  
різця:  $\gamma$  – передній;  $\alpha$  – задній;  
 $\delta$  – різання

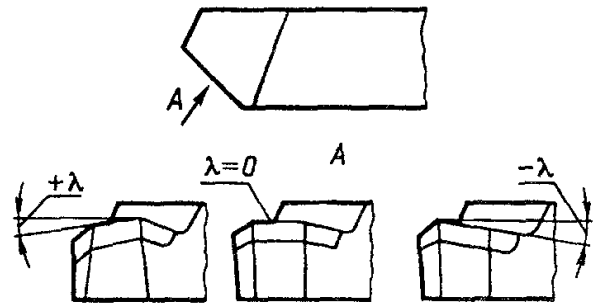


Рис. 4.13. Кут нахилу  
різальної кромки  $\lambda$

#### 4.1.6. Заточування різців

Унаслідок тертя стружки об передню поверхню різця, а головної задньої поверхні різця - об заготовку робоча частина інструмента спрацьовується. Коли спрацювання головної задньої поверхні різця становить 1...1,5 мм, різець слід заточити. Цю роботу виконують на *точильно-шліфувальному верстаті* – точилі (рис. 4.14, а). Його основний вузол – шпиндельна головка 4 – являє собою вмонтований електродвигун.

На обох кінцях шпинделя закріплені шліфувальні круги 3: один – з електрокорунду для заточування різців, різальна частина яких виготовлена зі швидкорізальної сталі; а другий – із зеленого карбіду силіцію – для заточування твёрдосплавних різців.

Для заточування різців укладають подошвою на опору (рис. 4.14, б). Потім за допомогою поворотного сегмента 8 і поворотного столика 9 регулюють положення різця відносно шліфувального круга й встановлюють потрібний задній кут. Вершину різця розташовують на рівні центра круга або дещо вище від нього, але не більше, як на 10 мм. Під час заточування різець злегка притискають заточуваною поверхнею до круга, що обертається, і безперервно пересувають уздовж робочої поверхні круга (рис. 4.15).

Спочатку заточують головку і допоміжну задню поверхню, потім - передню поверхню. На перетині головної та допоміжної різальних кромки роблять фаску або заокруглення.

Під час роботи на точильно-шліфувальному верстаті потрібно дотримуватися таких правил техніки безпеки.

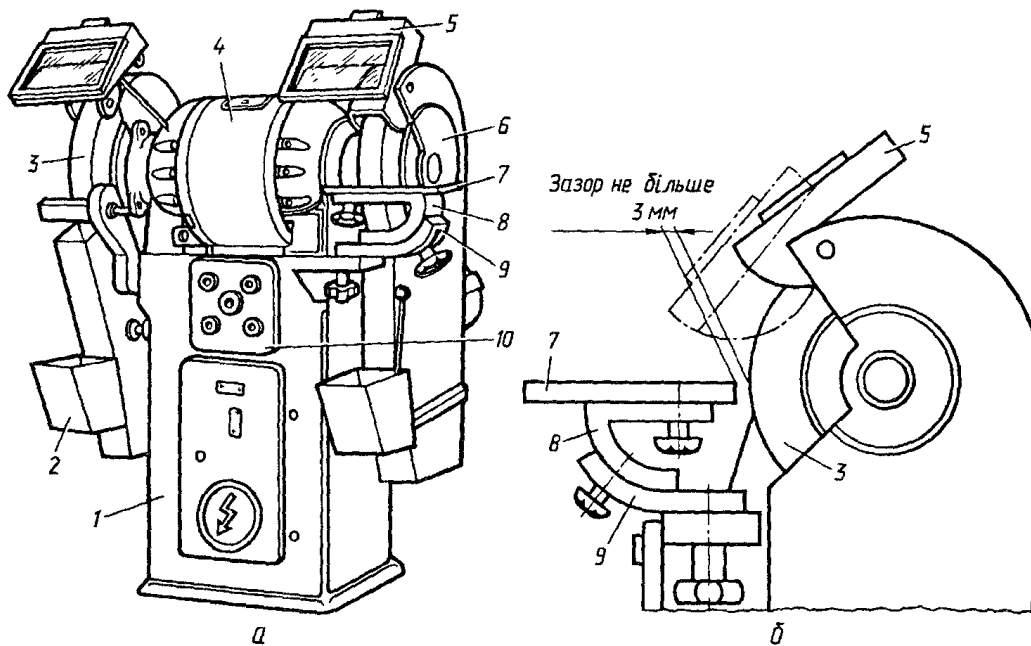


Рис. 4.14. Точильно-шліфувальний верстат (точило):

*а* - загальний вигляд; *б* - схема встановлення підручника; 1 - станина; 2 - резервуар для води; 3 - шліфувальний круг; 4 - шпindelна головка; 5 - щиток; 6 - захисний кожух; 7 - регульований підручник; 8 - поворотний сегмент; 9 - поворотний столик; 10 - пульт керування

**Запам'ятайте!** 1. Перед заточуванням треба переконатися, чи всі механізми верстата справні, чи є захисний щиток і чи справний він, чи правильний напрямок обертання круга (круг має обертатися на різець).

2. Слід перевірити правильність установлення опори, щоб зазор між ним і робочою поверхнею круга не перевищував 3 мм.

3. Переставляти опору можна тільки після повної зупинки круга: забороняється працювати без посібника і без захисної огорожі круга.

4. Перед заточуванням потрібно закрити зону заточування захисним прозорим екраном або надіти захисні окуляри.

Після заточування виконують доведення - притирання задніх і передніх поверхонь на вузьких відрізках уздовж різальної кромки, що забезпечує випрямлення кромки і підвищення стійкості різця. Доведення різця виконують на ельборових (для швидкорізальної сталі) або алмазних (для твердого сплаву) довідних кругах.

Геометрію різця контролюють за допомогою спеціальних шаблонів (рис. 4.16) або універсального кутоміра (рис. 4.17). Існують спеціальні кутоміри для контролю геометрії різців.

На машинобудівних заводах інструменти заточують централізовано в заточувальних відділеннях механічного цеху: токар отримує з інструментальної комори заточений різець, здаючи при цьому спрацьований. У механічних цехах з одиничним виробництвом, у ремонтних цехах і дрібних майстернях різці заточують безпосередньо самі токарі. Додаткові дані про заточування різців наведено у розділі 6.

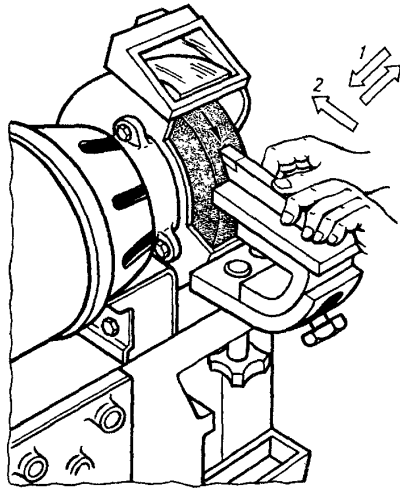


Рис. 4.15. Заточування різця на точильно-шліфувальному верстаті:  
1 – рухи заточування; 2 – рух підтискування різця

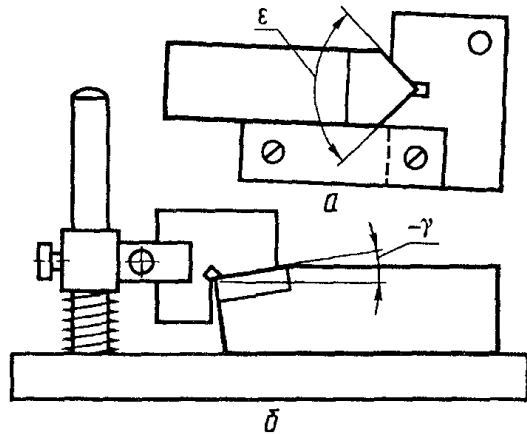


Рис. 4.20. Контроль кутів різця за допомогою шаблонів:  
а - шаблон і різець тримають у руках; б - шаблон закріплений у стояку

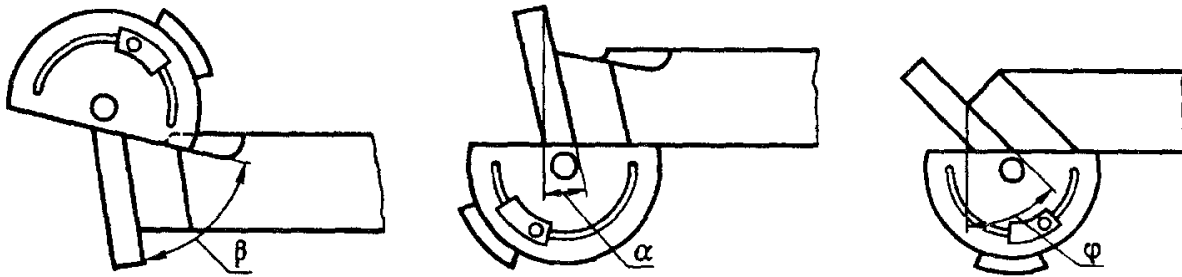


Рис. 4.17. Контроль геометрії різця за допомогою універсального кутоміра

#### 4.1.7. Режими різання під час точіння

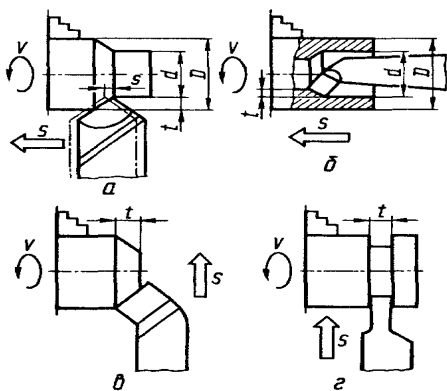


Рис. 4.18. Глибина різання:  
а – зовнішнє обточування; б – розточування; в – підрізання торця; г – виточування канавки

Процес різання, в тому числі й точіння (токарна обробка), характеризується певним режимом, до елементів якого належить глибина різання, подача та швидкість різання.

Глибина різання  $t$ , мм – це товщина шару металу, що зрізується за один робочий хід (прохід) різця (рис. 4.18). У разі зовнішнього поздовжнього точіння глибина різання визначається як піврізниця діаметрів оброблюваної  $D$  і обробленої  $d$  поверхонь:

$$t = \frac{D - d}{2}.$$

Глибина різання для прорізування канавки

дорівнює ширині канавки, що утворюється різцем.

Величина подачі (*подача*)  $s$ , мм/об – це шлях переміщення різальної кромки інструмента в напрямку руху подачі за один оберт заготовки (рис. 4.19).

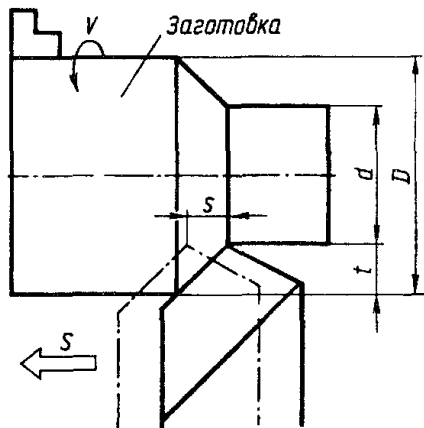


Рис. 4.19. Подача  $s$ , мм/об, і глибина різання  $t$ , мм, у процесі зовнішнього обточування

за 1 хв.) шлях, пройдений будь-якою точкою на поверхні діаметра  $O$ , буде більшим, ніж шлях, пройдений точкою на поверхні діаметра  $d$ .

Токарну обробку виконують у такому режимі різання, за якого найефективніше використовуються потужність верстата і стійкість інструмента, забезпечується висока якість обробки за мінімальної собівартості та залишаються безпечними умови праці. Такий режим різання називається *раціональним*.

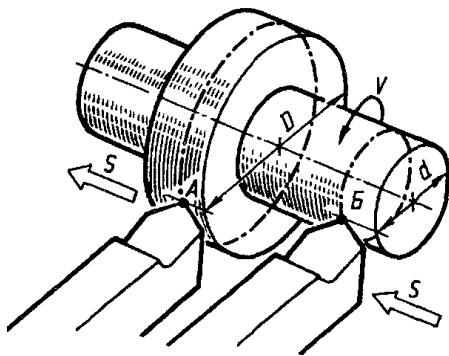


Рис. 4.20. Схема для пояснення терміна «швидкість різання»

недостатня або необхідна дуже висока точність, то обточування виконують за кілька робочих ходів. Для чорнового робочого ходу глибину різання, як правило, приймають 4...6 мм, для напівчистового – 2–4 мм, для чистового – 0,5–2мм.

Після того, як глибину різання призначено, вибирають подачу, яка залежить переважно від допустимої шорсткості поверхні готової деталі. Для

*Швидкість різання*  $v$ , м/хв - шлях, пройдений найвіддаленішою від осі обертання точкою поверхні різання відносно різальної кромки різця за одиницю часу (рис. 4.20). Її обчислюють за формулою

$$v = \frac{\pi D n}{1000},$$

де  $\pi D$  – шлях, пройдений точкою на поверхні різання за один оберт заготовки, тут  $D$  – діаметр заготовки;  $n$  – частота обертання шпинделя, об/хв.

Як видно з цієї формули, за умови постійної частоти обертання, чим більший діаметр заготовки, тим більша швидкість різання, оскільки за один оберт заготовки (або

Вибір раціонального режиму різання залежить від оброблюваного матеріалу, матеріалу різця, припуску на обробку, заданої шорсткості поверхні деталі, жорсткості заготовки й різця, способу закріплення заготовки, якості й способу підведення мастильно-охолодних засобів та інших факторів. Токар повинен уміти правильно призначити режим різання. Спочатку потрібно встановити глибину різання, прагнучи, по можливості, зрізати увесь припуск за один робочий хід. Якщо ж жорсткість заготовки

чорнових робочих ходів беруть подачу в межах 0,5–1,2 мм/об, а для чистових – 0,2–0,4 мм/об.

Далі визначають допустиму швидкість різання, яка залежить від стійкості різця - його здатності витримувати високу температуру та чинити опір спрацюванню леза, що залежить від матеріалу робочої частини різця. Середнє значення допустимої швидкості різання для зовнішнього точіння, в разі оброблення сталі різцями зі швидкорізальної сталі, дорівнює 20–45 м/хв, а різцями, оснащеними твердим сплавом Т15К6, – 100–200 м/хв. Для обточування чавуну різцями, оснащеними твердим сплавом ВК8, швидкість різання становить 60...100 м/хв. Залежно від конкретних умов оброблення – матеріалу заготовки й різця, стан поверхні заготовки, вид МОР - швидкість різання вибирається за довідником.

Коли ж відома швидкість різання  $v$ , що відповідає різальним властивостям інструмента, і діаметр заготовки  $D$ , то можна визначити потрібну частоту обертання заготовки  $n$ , об/хв ( $\text{хв}^{-1}$ ):

$$n = \frac{1000v}{\pi D}$$

і налаштувати коробку швидкостей верстата на обертання шпинделя з частотою обертання, найближчою до розрахованої, – фактичною частотою обертання.

Послідовність вибору режимів різання зображено на рис. 4.21.

Під час токарної обробки на різець з боку заготовки діє сила різання  $P_z$  - у напрямку, перпендикулярному до підосви різця; осьова сила  $P_x$  - сила подачі - у напрямку, протилежному напрямку руху подачі; радіальна сила  $P_y$  – у напрямку вздовж державки різця. Реактивні сили  $P_z, P_x, P_y$  діють з боку різця на заготовку.

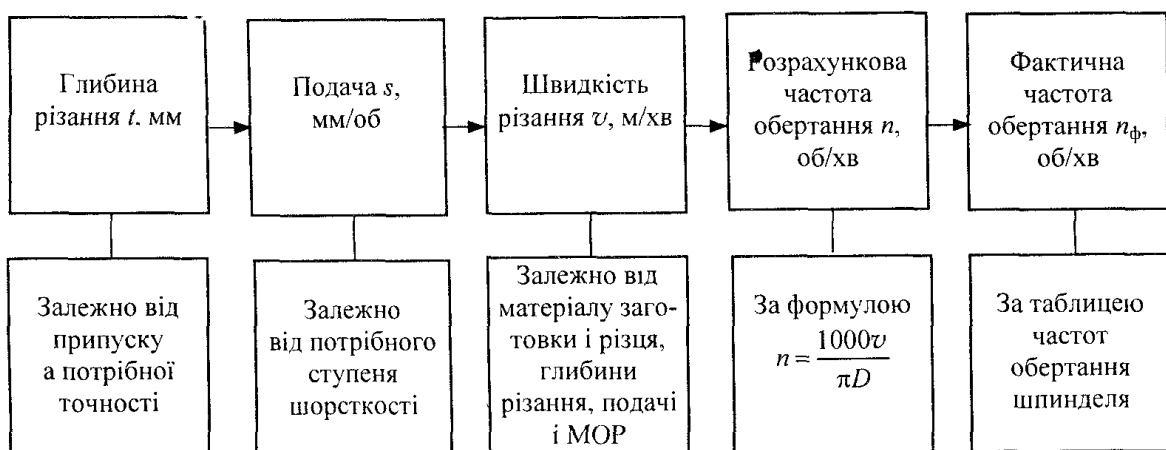


Рис. 4.21. Послідовність вибору режимів різання

**Запам'ятайте!** 1. Верстати з числовим програмним керуванням забезпечують безступеневе регулювання частот обертання шпинделя.



2. За Міжнародною системою одиниць СІ одиницею швидкості є метр за секунду (м/с), а частоти обертання - секунда в мінус першому степені ( $s^{-1}$ ). Проте допускається застосування позасистемних одиниць: швидкість різання виражається в метрах за хвилину (м/хв), частота обертання – в обертах за секунду чи за хвилину (об/с, об/хв) та в хвилинах у мінус першому степені ( $хв^{-1}$ ).

Отже, якщо швидкість задано в метрах за хвилину, а діаметр заготовки  $O$  у міліметрах, то частота обертання  $n$  обчислюється в обертах за хвилину або в хвилинах у мінус першому степені.

## 4.2. Обробка заготовок типових деталей із зовнішніми циліндричними та торцевими поверхнями

### 4.2.1. Вимоги до деталей із зовнішніми циліндричними поверхнями

Зовнішні циліндричні поверхні деталей машин (наприклад, валів, зубчастих колес, осей пальців, штоків, поршнів) мають відповідати таким вимогам:

- *прямолінійність твірної*;
- *циліндричність* — коло будь-якого перерізу, перпендикулярного до осі, має бути одного діаметра (не повинно бути конусо-, бочко- та сідлоподібності);
- *окресленість* - будь-який переріз повинен мати форму правильного кола (без овальності або ограненості);
- *співвісність* – усі осі уступів ступінчастих валів мають бути розташовані на одній прямій.

Проте абсолютно точно дотримуватися вимог щодо циліндричних поверхонь неможливо: навіть при досить старанному виготовленні виникатимуть якісь похибки. Основні з них показано на рис. 4.22.

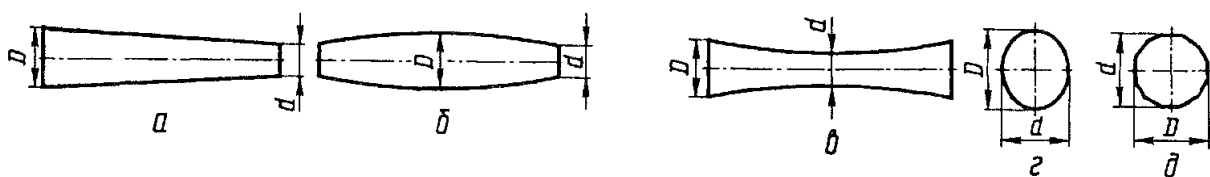


Рис. 4.22. Похибки форми циліндричних поверхонь:  
*а* – конусоподібність; *б* – бочкоподібність; *в* – сідлоподібність;  
*г* – овальність; *д* – ограненість

До плоских торцевих поверхонь ставляться такі вимоги: *плоскостність* – відсутність опуклості або вгнутості; *перпендикулярність до осі*; *паралельність уступів між собою*.

Допустимі відхилення форми і розташування поверхонь умовно позначають на кресленнях або вказують текстом.

#### 4.2.2 Контроль лінійних розмірів зовнішніх діаметрів циліндричних деталей

Виготовлення різних деталей методами механічної обробки обов'язково контролюється: перевіряється відповідність одержуваних розмірів циліндричності або площинності, ступеня шорсткості вимогам вихідного креслення.

Контроль здійснює сам робітник-оператор (наприклад, токар) безпосередньо на робочому місці. У разі індивідуального виготовлення деталі контроль виконується на кожному переході операції, у разі серійного виробництва деталей з налагодженням інструментів на розмір (наприклад, відносно упорів) або за програмою на верстаті з ЧПК контроль здійснюється періодично. Виготовлені деталі перевіряються контролером відділу технічного контролю (ВТК). Продукція вважається готовою тільки після контрольної перевірки.

Контроль виготовленої деталі виконується за допомогою різноманітних вимірювальних інструментів і приладів, до яких належать: штрихові, штрихові з ноніусом, мікрометричні, двограничні калібри, кутоміри тощо. Розглянемо контрольні-вимірювальні інструменти, які застосовуються токарем безпосередньо на робочому місці.

Найпростіший вимірювальний інструмент - металева лінійка, на шкалі якої нанесені міліметрові або дюймові поділки та цифри. Лінійка використовується для безпосереднього вимірювання довжини деталей (з точністю до 1 мм) або для перенесення розміру під час розмічування. Застосовується також дерев'яна складана лінійка та рулетки - металеві стрічки різної довжини, вміщені в захисний корпус.

Найпоширенішими штриховими інструментами з ноніусом є *штангенциркулі*. На рис. 4.23, а зображено штангенциркуль ШЦ-1. Базова деталь штангенциркуля - штанга 5 з нерухомими губками 1 і 9. На штанзі нанесені основні міліметрові поділки. По штанзі пересувається повзунок 3 з рухомою губкою 2, який стопориться гвинтом 4. До повзунка прикріплений стержневий глибиномір 6. На повзунок нанесена шкала ноніуса 7, яка має 10 поділок на довжині 1,5 мм. Розмір між губками прочитується так: цілі міліметри основної шкали зчитуються за першою поділкою шкали ноніуса плюс десяті частки міліметра, відмічені поділкою ноніуса, яка збігається з однією із поділок основної шкали.

На рис. 4.24 показано приклад прочитування розміру 42,4 мм - 42 міліметри плюс 4 десятих, оскільки четверта поділка на ноніусі збіглася з поділкою основної шкали.

Приклад застосування штангенциркуля ШЦ-1 для контролю зовнішнього діаметра зображено на рис. 4.23, б.

Шкала ноніуса штангенциркуля ШЦ-2 (рис. 4.25) має 20 поділок на довжині 39 мм, точність вимірювання - до 0,05 мм. Наприклад, на рис. 4.26 прочитується розмір 0,95 мм.

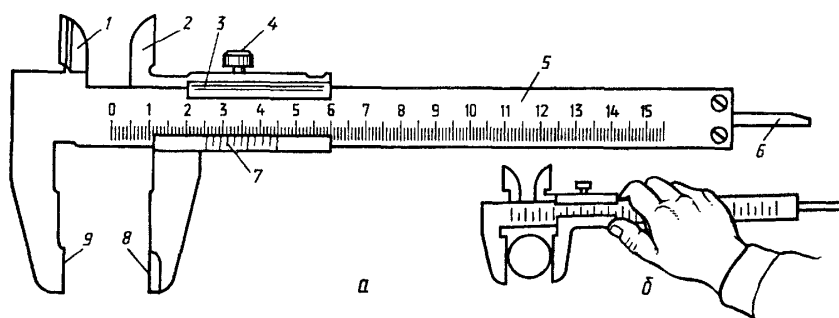


Рис. 4.23. Штангенциркуль ШЦ-1:

а - загальний вигляд; б - приклад застосування; 1, 2 - нерухома і рухома губки для контролю внутрішнього розміру; 3 - повзунок; 4 - гвинт-стопор, 5 - штанга з основною міліметровою шкалою, 6 - глибиномір; 7 - ноніус; 8, 9 - рухома і нерухома губки для контролю зовнішнього розміру

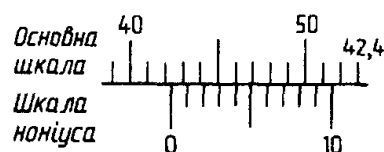


Рис. 4.24. Приклад прочитування розміру (42,4 мм) за шкалою ноніуса штангенциркуля ШЦ-1, ціна поділки ноніуса 0,1 мм

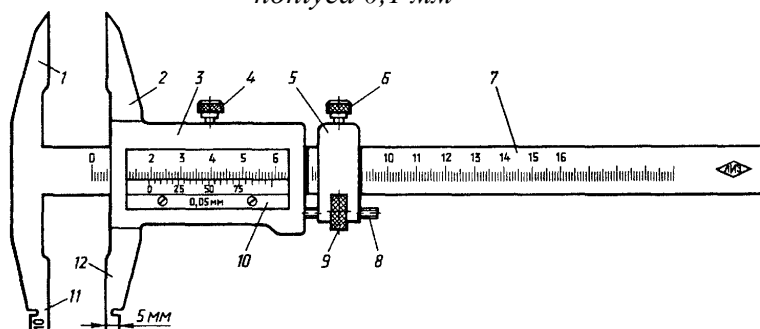


Рис. 4.25. Штангенциркуль ШЦ-2:

1, 2 – нерухома і рухома губки для розмічування; 3 – повзунок; 4 - гвинт-стопор; 5 – колодка; 6 – гвинт-стопор для колодки; 7 – штанга з основною міліметровою шкалою; 8 – гвинт точного регулювання повзунка; 9 - гайка точного регулювання; 10 – ноніус; 11, 12 - нерухома і рухома губки для контролю внутрішнього розміру



Рис. 4.26. Фіксація розміру (0,95 мм) на штангенциркулі ШЦ-2, ціна поділки ноніуса 0,05 мм

Вимірювальні губки штангенциркуля ШЦ-2 мають ширину 5 мм, тому в разі вимірювання внутрішніх розмірів до прочитаного розміру додається 10 мм. Верхні загострені губки використовуються для розмічування.

Останнім часом на виробництві широко застосовуються штангенциркулі з поміщеним індикатором годинникового типу (рис. 4.27), завдяки якому точність вимірювання підвищується до 0,01 мм. Більш досконалим є штангенциркуль з електронним індикатором розміру (рис. 4.28).

До штангенінструментів належить і штангенглибиномір (рис. 4.29).

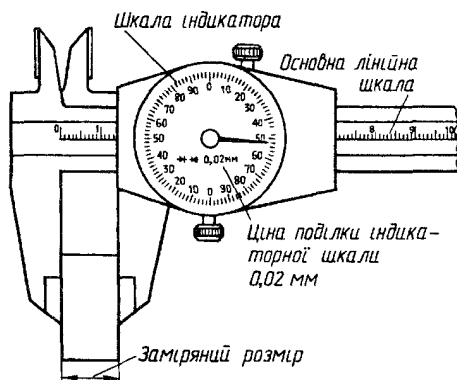


Рис. 4.27. Штангенциркуль з індикатором годинникового типу

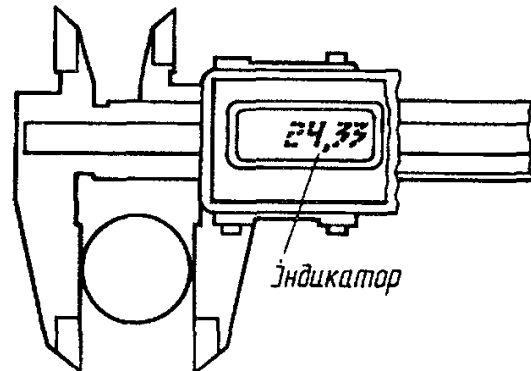


Рис. 4.28. Штангенциркуль з електронним індикатором розміру

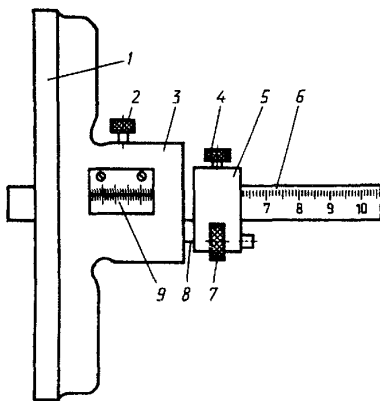


Рис. 4.29. Штангенглибиномір:  
1 – основа; 2,4 – гвинти-стопори;  
3 – рамка ноніуса; 5 – колодка;  
6 – штанга з основною міліметровою шкалою; 7, 8 – відповідно гайка і гвинт точного регулювання;  
9 – ноніус

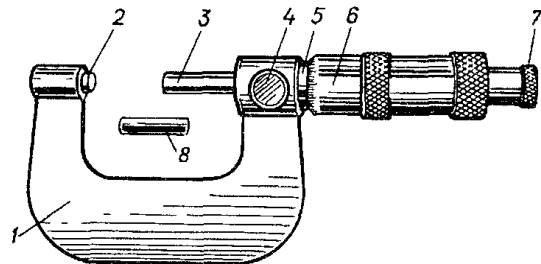


Рис. 4.30. Мікрометр:  
1 – скоба; 2, 3 – нерухома і рухома п'ятки; 4 – фіксатор; 5 – стебло з основною міліметровою шкалою; 6 – барабан зі шкалою, ціна поділки 0,01 мм;  
7 – барабан для контролю зусилля притискування рухомої п'ятки до деталі; 8 – еталонний стержень завдовжки 25 мм для встановлення рухомої п'ятки на нуль

Точність вимірювання до 0,01 мм забезпечує мікрометр (рис. 4.30). Основною його деталлю є мікрометричний гвинт, крок якого становить 0,5 мм. Гвинт загвинчується в гайку, що міститься всередині стебла 5, і зв'язаний з барабаном 6, на скосі якого нанесена кругова шкала на 50 поділок. На стеблі нанесена основна міліметрова шкала. Визначений між нерухомою 2 і рухомою 3 п'ятками (хвостовик мікрометричного гвинта) розмір прочитується так: цілі

міліметри, відмічені на шкалі стебла скосом барабана, плюс соті частки міліметра, відмічені лінійкою основної шкали на шкалі барабана.

Приклади прочитування результату вимірювання показано на рис. 4.31, а, б. Щоб не перевищити зусилля притискування рухомої п'ятки до об'єкта вимірювання, користуються допоміжним барабаном („тріскачкою”). Приклад контролю зовнішнього діаметра мікрометром зображено на рис. 4.32.

Прилад періодично перевіряють „на нуль” вимірюванням еталона  $\delta$  (див. рис. 4.34), який є в комплекті інструмента.

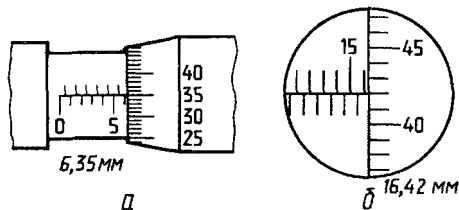


Рис. 4.31. Прочитування результату вимірювання за мікрометром

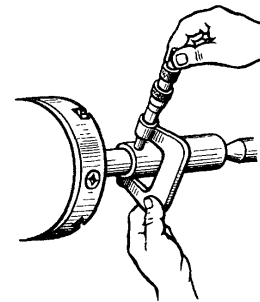


Рис. 4.32. Контроль діаметра валика мікрометром

Інструментальна промисловість випускає мікрометри, що мають широкий діапазон меж вимірювання: 0...25, 25...50, 50...75, 75...100, 100...150, 150...200, 200...300 мм.

Більшість розмірів деталей на кресленнях зазначається з допусками.

*Допуском* називається алгебрична різниця між верхнім і нижнім допустимими відхиленнями виконавчих, тобто одержуваних після оброблення, розмірів. Так, якщо на кресленні вказано діаметр  $\varnothing 25_{-0,04}^{+0,08}$ , то це означає, що найбільший допустимий (граничний) розмір становить 25,08 мм, а найменший - 24,96 мм. Допуск  $\Delta = 0,08 - (-0,04) = 0,08 + 0,04 = 0,12$  мм. Інакше кажучи, допуском є різниця між граничними розмірами:  $\Delta = 25,08 - 24,94 = 0,12$  мм.

На виробництві для прискорення технологічного процесу і забезпечення високої точності виконавчих розмірів зовнішніх діаметрів у межах допуску користуються *граничними калібрами-скобами*.

Калібр-скоба має дві вимірювальні поверхні: один розмір відповідає найбільшому граничному розмірові, а другий - найменшому. Розмір вважається правильним, якщо прохідний бік скоби ПР вільно знаходить на вимірювану поверхню, а непрохідний НЕ - не знаходить. Існують одно- (рис. 4.33) та двобічні (рис. 4.34) калібри-скоби. Крім того, застосовуються також регульовані граничні скоби (рис. 4.35).

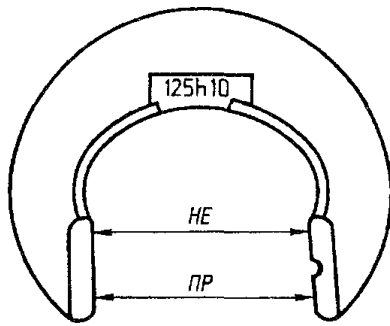


Рис. 4.33. Однобічний граничний калібр-скоба

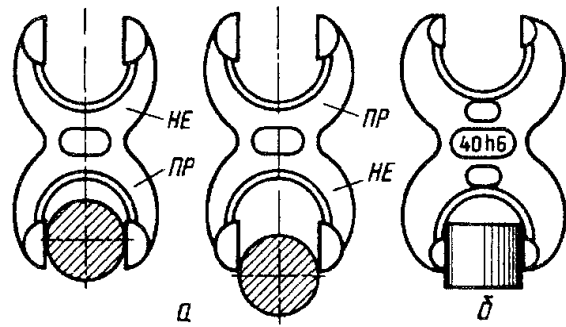


Рис. 4.34. Двобічний граничний калібр-скоба: а – контроль діаметра валика двобічною скобою; б – контроль виконавчого розміру калібра-скоби набором мірних плиток

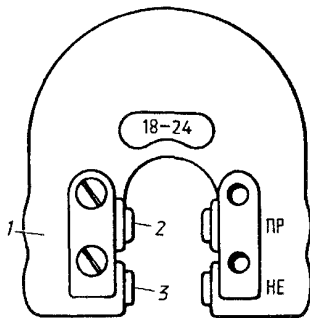


Рис. 4.35. Однобічний регульований калібр-скоба: 1 – скоба; 2 – регульована п'ятка HE; 3 – регульована п'ятка PP

Приклад контролю калібром-скобою показано на рис. 4.36.

Калібри періодично перевіряються за допомогою *мірних плиток* (див. рис. 4.34, б).

Точні мірні плитки мають настільки чисті (дзеркальні) поверхні, що вони можуть „притиратися” одна до одної, утворюючи блоки на певні розміри з точністю до 0,001 мм.

У разі надмірного зносу вимірювальних поверхонь калібри-скоби вилучаються з ужитку.

Метод контролю калібрами, тобто без замірювання фактичного розміру, називається *відносним методом контролю*.

Для різноманітних технічних вимірювань застосовують *індикатор годинникового типу* (рис. 4.37). На корпусі 5 приладу є кругова шкала 1, ціна поділки шкали 0,01 мм. По колу шкали рухається стрілка 2, обертання якій надається шестеренно-рейковою передачею від вимірювального штифта 10. Наконечник штифта 11 торкається до вимірювальної поверхні деталі, і коливання її розміру передається на стрілку, яка й фіксує коливання розміру на шкалі. Індикатор годинникового типу закріплений у спеціальному *штативі* (рис. 4.38).

Точне вимірювання зовнішніх поверхонь (до 0,01 мм) виконують *індикаторним калібром-скобою* (рис. 4.39), який заздалегідь налаштовують на

номінальний розмір за мірними плитками. Під час вимірювання стрілка на шкалі індикатора показує відхилення від номінального розміру.

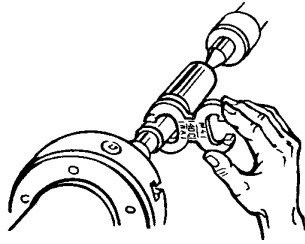


Рис. 4.36. Контроль діаметра деталі калібром-скобою на токарному верстаті

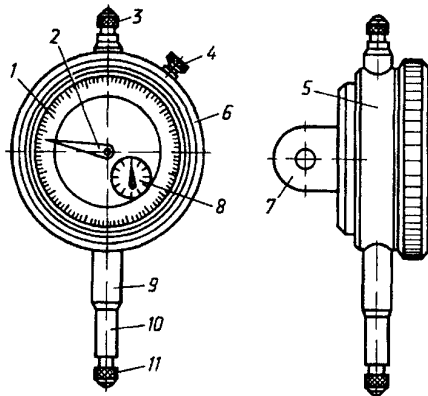


Рис. 4.37. Індикатор годинникового типу: 1 - шкала; 2 - стрілка; 3 - головка вимірювального штифта; 4 - стопор; 5 - корпус; 6 - ободок; 7 - вушко; 8 - показчик кількості обертів; 9 - гільза; 10 - вимірювальний штифт; 11 - наконечник

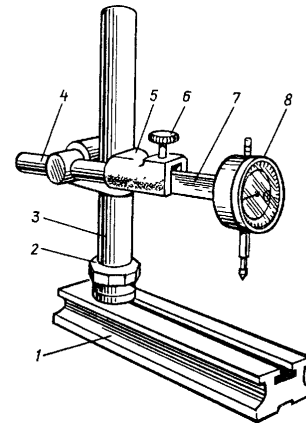


Рис. 4.38. Індикаторний штатив 1 - основа; 2 - стопорна гайка; 3 - колонка; 4 - висувна штанга; 5 - рухома колодка; 6 - гвинт; 7 - подовжувач; 8 - індикаторна головка

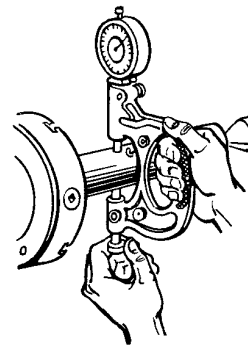


Рис. 4.39. Індикаторний калібр-скоба

### 4.2.3 Закріплення заготовок у патронах

Заготовки невеликої довжини (для деталей типу вал, диск, шків тощо) закріплюють у шпинделі верстата за допомогою спеціального затискного пристрою - універсального самоцентруючого патрона (рис. 4.40).

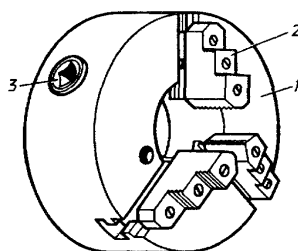


Рис. 4.40. Трикулачковий самоцентруючий патрон: 1 - корпус; 2 - кулачок; 3 - привідна конічна шестірня з гніздом „під ключ”

Заготовки невеликої довжини (для деталей типу вал, диск, шків тощо) закріплюють у шпинделі верстата за допомогою спеціального затискного пристрою - *універсального самоцентруючого патрона* (рис. 4.40). Патрон має три кулачки, котрі одночасно сходяться до центру або розходяться від нього, забезпечуючи точне центрування заготовки та її надійне затискування. Кулачки 2 переміщуються в радіальних пазах корпусу 1 патрона. Своїми виступами на підшві кулачки заходять у канавки спіральної різьби великого конічного зубчастого колеса („планетарки”), яке приводять в обертання ключем, вставленим у гніздо 3 одного з малих зубчастих коліс. По спіральній різьбі „планетарки” кулачки патрона рухаються до центра або від нього, відповідно закріплюючи або звільняючи заготовку. Деталі трикулачкового патрона зображено на рис. 4.41.

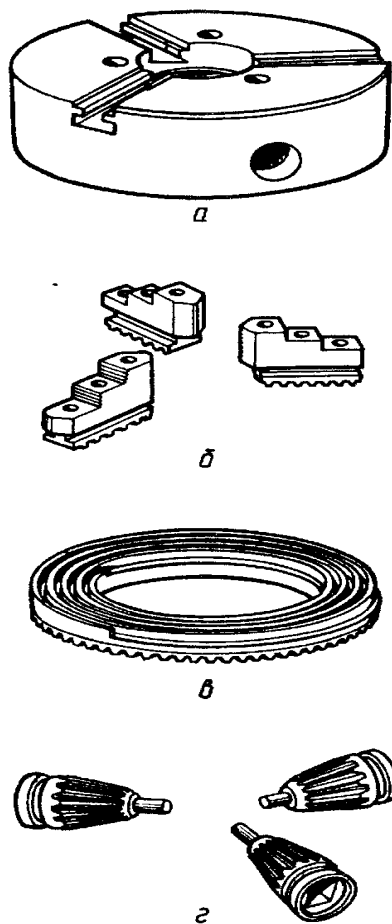


Рис. 4.41. Деталі трикулачкового самоцентруючого патрона: а - корпус; б - кулачки; в - зубчасте колесо („планетарка”); г - привідні шестерні

Біля пазів корпусу патрона і на кулачках нанесено цифри 1, 2, 3. Складаючи патрон, кулачки вставляють у пази по черзі за зростанням цифр.

Заготовки великих діаметрів закріплюють у перевернутих кулачках патрона (рис. 4.42). У цьому разі уступи кулачків створюють надійний упор заготовки.

У сучасних верстатах планшайба патрона центрується своєю конічною розточкою по зовнішньому конусу шпинделя чотирма гвинтами з гайками через шайбу з прорізами (рис. 4.43).

Фланцеве з'єднання патрона забезпечує високу точність центрування й запобігає самовідгвинчуванню. Для заміни патрона послаблюють чотири гайки, а шайбу повертають так, щоб вікна прорізу опинилися навпроти гайок: патрон у такому положенні легко знімається зі шпинделя.

На робочому місці токаря доцільно тримати два трикулачкових патрони: один для обдирних робіт, другий (з незагартованими кулачками) - для чистових.



Токар повинен дотримуватися певних правил експлуатації патрона.

*Не застосовувати подовжувані на рукоятку ключа.*

*Не залишати ключ у патроні, тому що це може спричинити травмування.*

*Періодично чистити й змащувати патрон.*

*Періодично перевіряти патрон на биття за допомогою індикатора за контрольним пояском, котрий є на зовнішній поверхні патрона (допустиме биття не перевищує 0,02 мм).*

*На патроні, який зберігається в інструментальній тумбочці чи на стелажі, кулачки мають бути зведені, а центральний отвір — закупорений пробкою з пінопласту.*

Якщо після закріплення в патроні заготовка б'є, то її слід повернути й перезакріпити, а в окремих випадках, злегка постукати по ній дерев'яним молотком. Після усунення биття заготовку закріплюють остаточно. Затискні робочі поверхні кулачків спрацьовуються нерівномірно, тому рекомендують їх періодично розточувати, а для закріплення заготовок «урозтиск» - обточувати. Перед розточуванням або обточуванням затискні поверхні кулачків фіксують у певному положенні, щоб люфт у місці спряження торцевої різьби „планетарки” з рейками підшов кулачків не впливав на точність розточування. Для розточування кулачки можна фіксувати за допомогою диска, діаметр якого близький до потрібного діаметра розточування. Диск вставляють у патрон упритул до торця корпусу й затискають кулачками (рис. 4.44, а). Після цього губки кулачків розточують на діаметр закріплення заготовки. Для фіксації кулачків під час обточування застосовують упорне кільце (рис. 4.44, б).

Для того, щоб закріпити заготовку на попередньо оброблену поверхню, користуються *цанговими патронами* (рис. 4.45). Цанга 3 - тонкостінна сталева втулка з прорізами - стискається під час накручування гайки 4 на різьбу циліндричної ділянки корпусу 2 патрона, оскільки входить у конічну розточку корпусу (стандартний конус Морзе); внутрішня робоча поверхня цанги при цьому затискає заготовку.

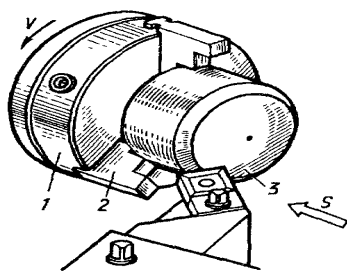


Рис. 4.42. Закріплення заготовки у перевернутих кулачках патрона:  
1 – корпус патрона;  
2 - кулачок; 3 - заготовка

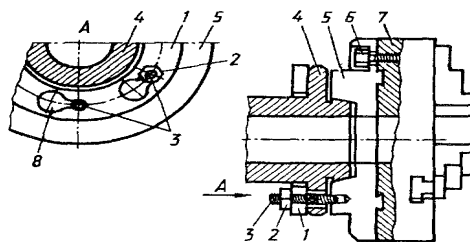


Рис. 4.43. Закріплення токарного патрона з посадкою на конус: 1- шайба; 2 - гайка; 3 - нарізна шпилька, 4 - шпindelъ; 5 - планшайба; 6 – гвинт; 7– корпус патрона; 8 - вікно проріз) шайби для проходження гайки під час заміни патрона (гайку умовно не показано)

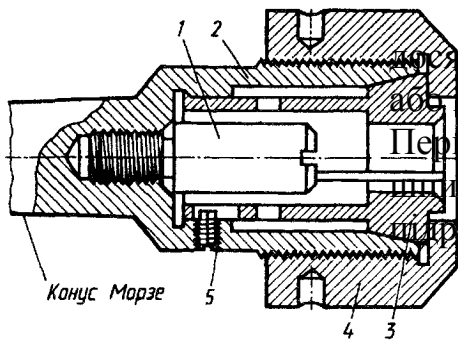


Рис. 4.44. Стабілізація сирих кулачків під час виконання операції: а - розточування; б - обточування; 1 - упорний диск, 2 - упорне кільце

Запобігання поздовжньому зміщенню заготовки досягається упиранням в уступи кулачків (рис. 4.46) або ж у торець гвинта шпindelного упора (рис. 4.47). Перпендикулярність робочого торця гвинта шпindelного упора до осі шпindelя забезпечується шліфуванням торця після встановлення у шпindelі.

Довгі заготовки з пруткового прокату можна упирати необробленим кінцем у шпindelний обертовий центр (рис. 4.48, а) або у висувну упорну штангу (рис. 4.48, б).

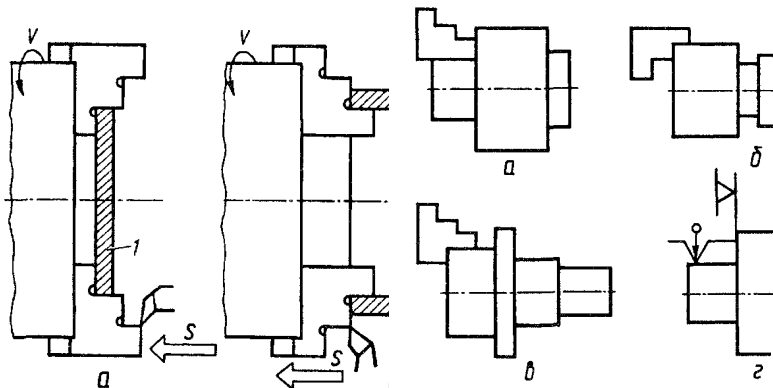


Рис. 4.45. Цанговий патрон: 1 - регульований упор; 2 - корпус; 3 - цанга; 4 - затискна гайка, 5 - гвинт

Рис. 4.46. Використання кулачків як упорів: а - упор в кулачок; б - упор в уступ кулачка; в - упор у виточку (для сирих кулачків); г - умовне позначення

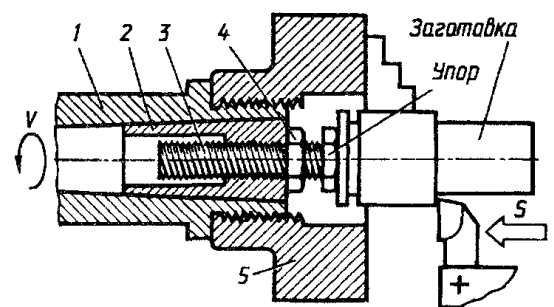


Рис. 4.47. Шпindelний упор: 1 - шпindel; 2 - конусна втулка; 3 - гвинт упора; 4 - контргайка; 5 - патрон

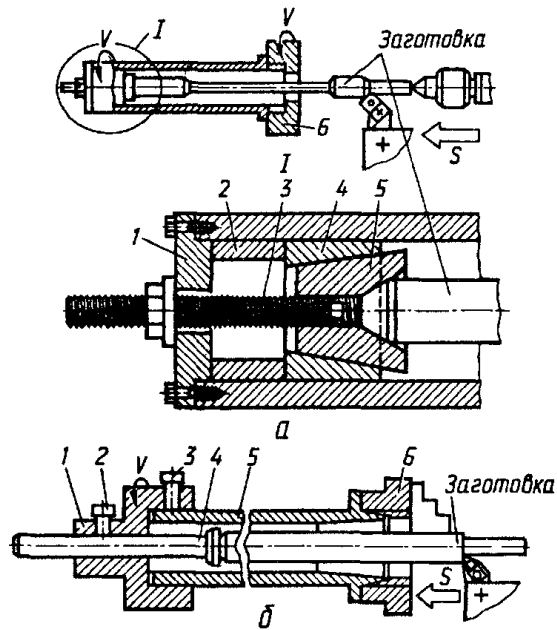


Рис. 4.48. Шпиндельні упори для необроблюваного боку пруткової заготовки: а – упор у обертовий шпиндельний центр: 1 – фланець; 2 – мірна втулка; 3 – гвинт затяжки обертового центру; 4 – розтискна втулка (цанга); 5 – обертовий центр, б – патрон; б - упор у висувну упорну штангу: 1 – муфта, закріплена на задньому кінці шпинделя, 2 - гвинт затиску штанги, 3 - гвинт затиску муфти на шпинделі; 4 - упорна штанга, 5 – шпиндель, б – патрон

Закріплення на шпинделі та знімання досить важкого токарного патрона потребує значних фізичних зусиль. Полегшити цей процес допомагає нескладний шарнірний пристрій, запроваджений новаторами виробництва (рис. 4.49). До передньої бабки верстата закріплено гнучкий кронштейн 1 із трьома шарнірами. На вільному кінці міститься циліндрична цапфа 2, на якій своїми кулачками затискується патрон 3. Відокремлений від шпинделя патрон легко переводиться кронштейном у позицію над полицею 5, прикріплену позад передньої бабки 4. Далі кронштейн з патроном перевертається на шарнірі б й укладає патрон на полицю. Закріплення патрона виконується у зворотному порядку.

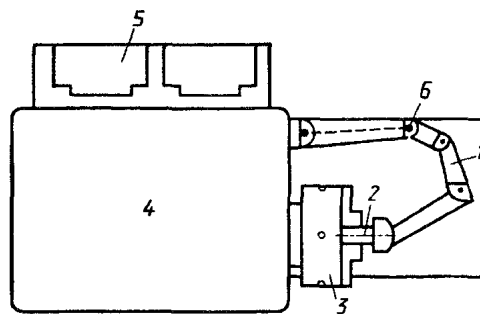


Рис. 4.49. Шарнірний пристрій для підведення важкого патрона до шпинделя та відведення його до полиці: 1 - кронштейн; 2 - циліндрична цапфа; 3 - патрон; 4 — передня бабка токарного верстата; 5 - полиця; б - шарнір повороту та перевертання кронштейна

#### 4.2.4 Закріплення заготовок у центрах

Заготовки валів, довжина яких перевищує діаметр у п'ять разів і більше, обробляють, як правило, встановлюючи їх торцевими центровими отворами на центри верстата. Передній центр закріплюють у шпинделі, а задній – у пінолі задньої бабки.

Стандартний жорсткий центр, креслення якого зображено на рис. 4.50, складається з робочого конуса (головки) і хвостовика, виконаного за стандартним конусом Морзе (№ 2...6). Кут робочого конуса дорівнює  $60^\circ$  (для важких верстатів  $70^\circ$  або  $90^\circ$ ), кут похилу конуса хвостовика  $\alpha = 1^\circ 26'$ . Для важких верстатів хвостовик центру має метричний конус: М60, М100 або М120, кут похилу  $\alpha = 1^\circ 30'$ . Конусний хвостовик відповідає конусній розточці на робочому торці шпинделя (для пінолі задньої бабки відповідно конусній розточці у робочому торці пінолі).

Центр виготовляють із вуглецевої інструментальної сталі й загартовують.

Жорсткий задній центр використовують, коли частота обертання шпинделя порівняно невелика (не більше 120 об/хв). Для зменшення тертя у циліндричну частину центрального отвору заготовки вводять густе мастило, яке від нагрівання розм'якшується й змащує головку центру. Щоб зменшити спрацювання головки, її покривають шаром з твердого сплаву (рис. 4.51).

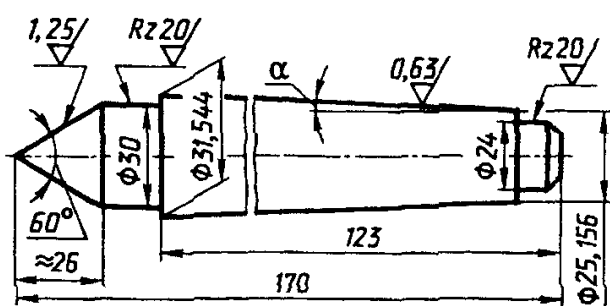


Рис. 4.50. Стандартний жорсткий центр з гострим робочим конусом (до шпинделя задньої бабки)

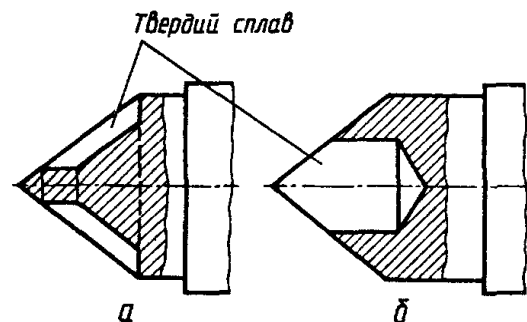


Рис. 4.51. Оснащення кінців головок задніх центрів твердим сплавом:

а - напайні пластинки на головці,  
б - впаяна твердосплавна вставка

На рис. 4.52 показано спеціальні центри до задньої бабки - обертовий, зрізаний, кульковий.

Коли частота обертання шпинделя висока, застосовують обертовий задній центр (рис. 4.53). Шпиндель цього центру встановлюють у підшипники. Осьове навантаження сприймають упорний 3 і задній голчастий 6 підшипники, а радіальне - радіальний підшипник 2. Кришка 1 угвинчується в корпус 4 і впирається в торець зовнішнього кільця радіального підшипника, що дає змогу регулювати зазор. Фетрові ущільнювачі в кришці захищають підшипники від забруднення й не дають мастилу витікати.

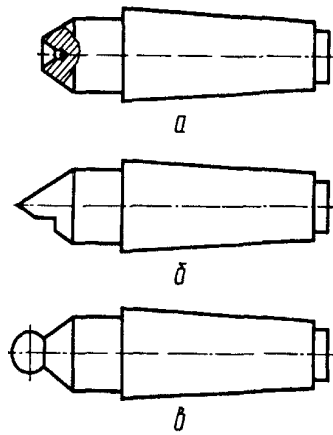


Рис. 4.52. Різновиди центрів до задньої бабки:  
1 - обертовий; 2 - зрізаний;  
3 - кульковий

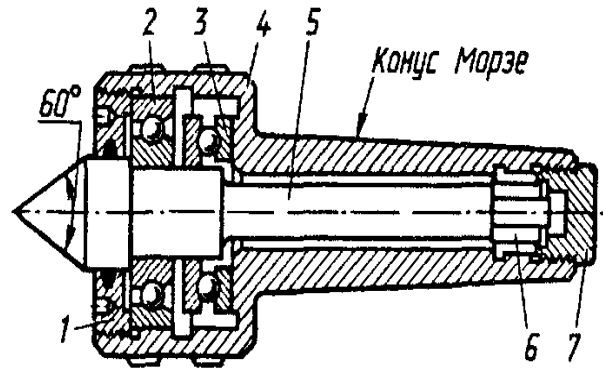


Рис. 4.53. Обертовий задній центр для легких радіальних навантажень:  
1- кришка; 2 - радіальний шпindel; 3 - упорний підшипник; 4 - корпус із хвостовиком; 5 - центр; 6 - голчастий підшипник; 7 - заглушка

За пропозицією токарів-новаторів на заводах почали застосовувати обертові центри з робочими вставками різного призначення (рис. 4.54).

Центрові отвори стандартизовані (рис. 4.55): отвори типу *A* призначені для заготовок, після оброблення яких потреба в центрових отворах відпадає; типу *B* – для заготовок, котрі й для подальшої обробки закріплюються в центрах; типу *R* – для заготовок точних деталей (забезпечується надійний кільцевий контакт з поверхнею головки центру навіть за наявності деяких перекосів).

Передача обертання від шпинделя до заготовки, встановленої в центрах, виконується *повідковими пристроями*. Найпростіший із них – *токарний хомутик* (рис. 4.56). Обертаючись разом зі шпинделем, планшайба *1* повідком *2* зтягує за собою в обертання хомутик *3*, а разом із ним - установлену в центрах заготовку. Застосовують також хомутик з відігнутим кінцем, котрий входить у радіальний паз планшайби (рис. 4.57).

З метою безпеки планшайба має бути захищена кожухом. Щоб під час чистового обточування не пошкодити гвинтом хомутика поверхні заготовки, що затискується, на неї надівають розрізну втулку або ж під гвинт підкладають гумову шайбу.

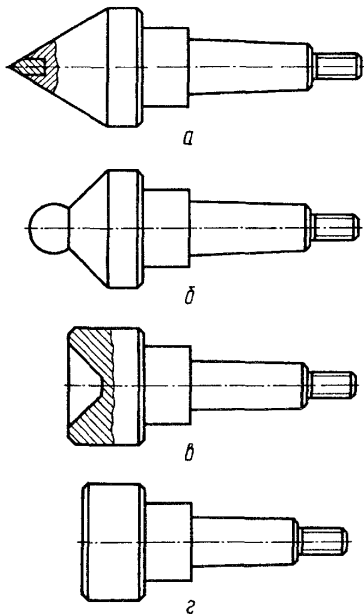


Рис. 4.54. Змінні вставки в обертовий центр: а - з твердосплавним кінцем на робочому конусі; б - з кульковим кінцем; в - зі зворотним конусом; г - з тертьовим притискуванням

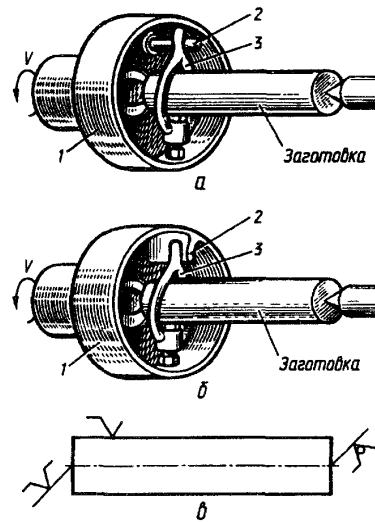


Рис. 4.56. Передача обертання на заготовку за допомогою хомутика: а - повідкова планшайба з повідком-пальцем; б - повідкова планшайба з повідком-планкою; в - умовне позначення, 1 - повідкова планшайба, 2 - поводок; 3 - хомутик

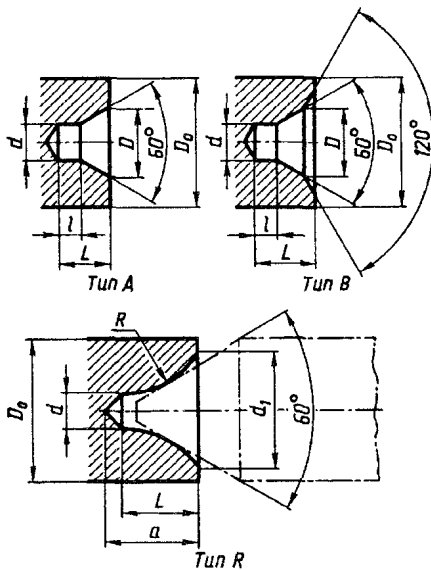


Рис. 4.55. Типи центрових отворів у зацентрованих валах

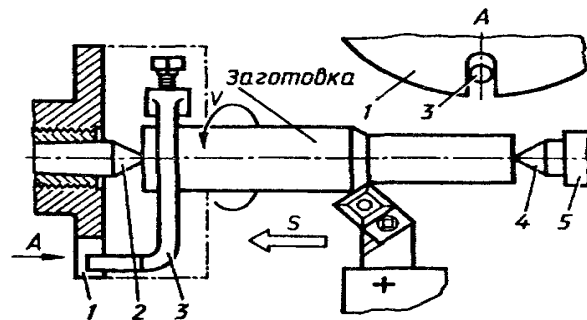


Рис. 4.57. Закріплення заготовки в центрах: 1 - планшайба, 2 - передній центр, 3 - хомутик, 4 - задній центр, 5 - піноль задньої бабки

Надягання та зняття хомутика потребує багато часу, тому раціональнішим є використання самозатискного повідкового хомутика (рис. 4.58). Основною деталлю такого хомутика є кільце 1 і поводок 4, робоча поверхня якого є рифленою і виконана за спіраллю Архімеда. Кільце надягають на зацентровану заготовку, встановлену в центрі. Пружина 3 підтискує робочу поверхню повідка до заготовки. Повертання заготовки вручну примушує рифлі робочої поверхні повідка дещо заглибитися у поверхню заготовки.

Після вмикання обертання шпинделя різець пригальмовує заготовку, тому повідковий палець планшайби затягує поводок в обертання, який і спричиняє обертання заготовки. Чим більшим є навантаження на різець, тим більше гальмується заготовка, рифлі глибше вдавлюються у поверхню заготовки. Знімають хомутик поворотом заготовки вручну у зворотний бік. Більш надійним є *самозатискний патрон* з трьома ексцентричними кулачками-повідками (рис. 4.59).

Широко застосовується також *повідкова оправка* (рис. 4.60), яка затягує заготовку в обертання зубцями, що розташовані на робочому торці. Заготовка підтискується до зубців центром задньої бабки.

У разі напівчистої обробки валиків, діаметр яких не перевищує 30 мм, за поводок править рифлений центр «їжак» (рис. 4.61).

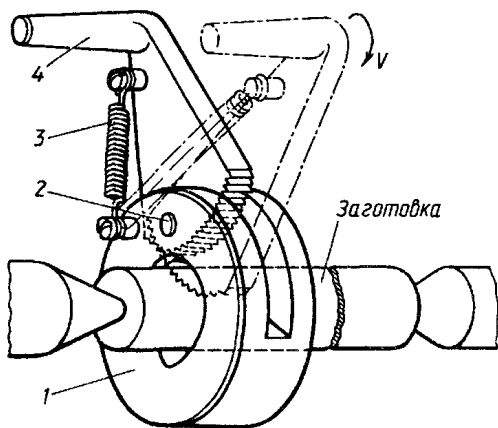


Рис. 4.58. Самозатискний повідковий хомутик: 1 – кільце; 2 – вісь; 3 – пружина; 4 – поводок

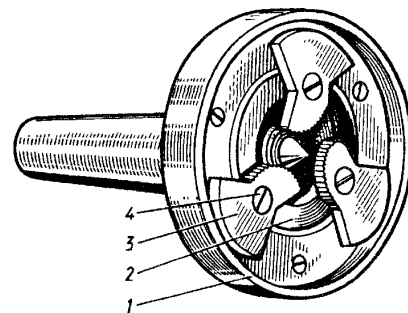


Рис. 4.59. Самозатискний повідковий патрон:

1 – планшайба; 2 – плаваюче кільце; 3 – кулачок; 4 – вісь кулачка

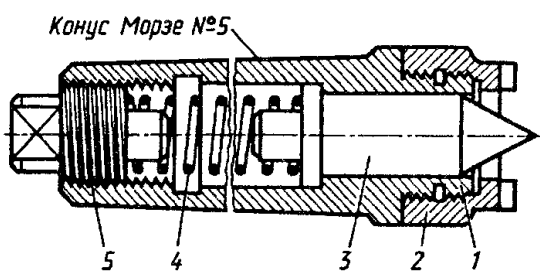


Рис. 4.60. Повідкова оправка:

1 – корпус оправки з конічним хвостовиком; 2 – повідкова шайба з торцевими зубцями, 3 – плаваючий центр; 4 – пружина, 5 – регульований гвинт пружини

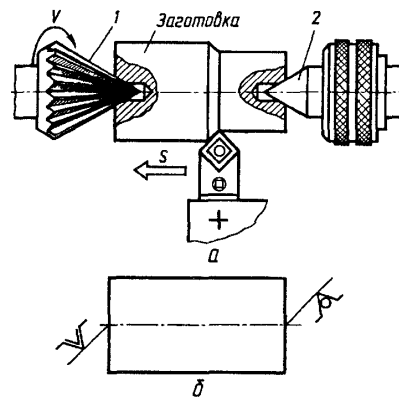


Рис. 4.61. Закріплення заготовки в задньому обертовому центрі:

а - за допомогою повідкового центру „їжак”; б - умовне позначення; 1 – центр „їжак”; 2 – задній обертовий центр

Валики невеликого діаметра закріплюються повідком тертя – «чаркою» - без вимикання верстата (рис. 4.62, а). Заготовка підтискується до «їжака» чи до „чарки” обертовим заднім центром і затягується в обертання. Валики, діаметр яких не перевищує 15 мм, можна закріплювати в обертових центрах: на заготовках заздалегідь проточують торцеві конуси під кутом  $60^\circ$  (рис. 4.62, б).

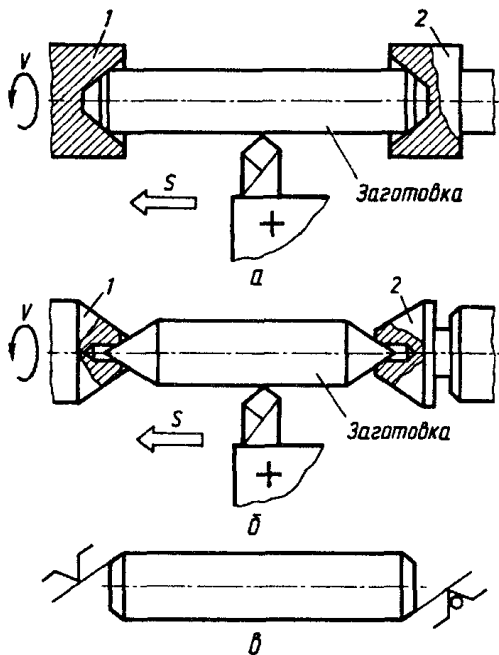


Рис. 4.62. Закріплення заготовки в обертових центрах (тертьових повідках):

а – встановлення за фасками,  
 б - встановлення за торцевими конусами; в – умовне позначення, 1 – передній центр; 2 - задній обертовий центр

Оскільки завжди існує деяка розбіжність довжини центрових отворів у партії заготовок, після встановлення в центрах заготовки зміщують (з глибшим центровим отвором - ближче до передньої бабки, а з менш глибоким - ближче до задньої бабки).

Унаслідок цього обробка вала з кріпленням у центрах призводить до коливання розмірів уступів на різних деталях партії.

Щоб забезпечити ідентичність довжини уступів на всіх деталях партії, застосовують *передній плаваючий (підпружинений) центр* (рис. 4.63). В осьовому отворі оправки 3, яка встановлюється в конічній розточці шпинделя, вільно переміщується центр 5, підтиснутий пружиною 2. Зусилля підтискування регулюють гвинтом 1, а гвинт б виконує роль шпонки. Заготовка, підтиснута заднім центром, упирається в торець оправки. Пружина вводить центр у центровий отвір заготовки і центрує її. Залежно від глибини центрового отвору, заготовка затягується глибше в оправку чи виходить із неї, але упор у торець завжди забезпечує незмінне положення заготовки.

Можна один кінець заготовки закріпити у патроні, а інший її кінець підперти заднім центром (рис. 4.64).



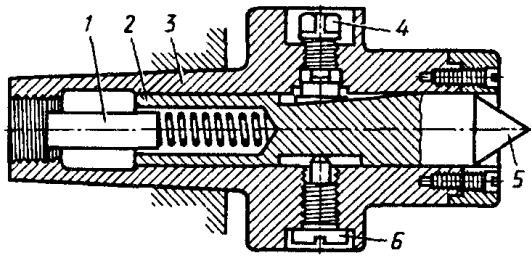


Рис. 4.63. Плаваючий центр:  
 1 – упорний гвинт; 2 – пружина;  
 3 – оправка; 4 – гвинт-стопор;  
 5 – центр; 6 – гвинт-шпонка

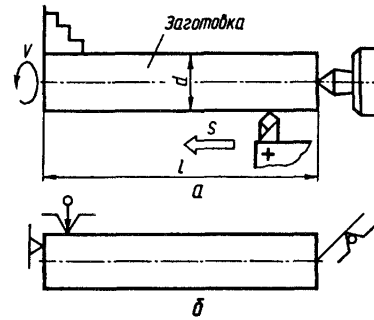


Рис. 4.64. Закріплення довгої заготовки у патроні: а - з підтримуванням заднім центром;  
 б - умовне позначення

#### 4.2.5. Обточування зовнішніх поверхонь і підрізування торців

Для оброблення зовнішніх поверхонь використовуються *прохідні різці* – *прямі* та *відігнуті* (рис. 4.65, а, б). Відігнутих різцем можна не лише обточувати зовнішню циліндричну поверхню, а й підрізати торець деталі. Головний кут у плані прохідних різців змінюється в межах  $\varphi = 30\text{--}60^\circ$ . Різці з меншим кутом у плані застосовуються для оброблення жорстких заготовок, коли відношення довжини заготовки до діаметра  $l/d \leq 8$ . Допоміжний кут у плані  $\varphi_1$  здебільшого становить  $10\text{--}30^\circ$ .

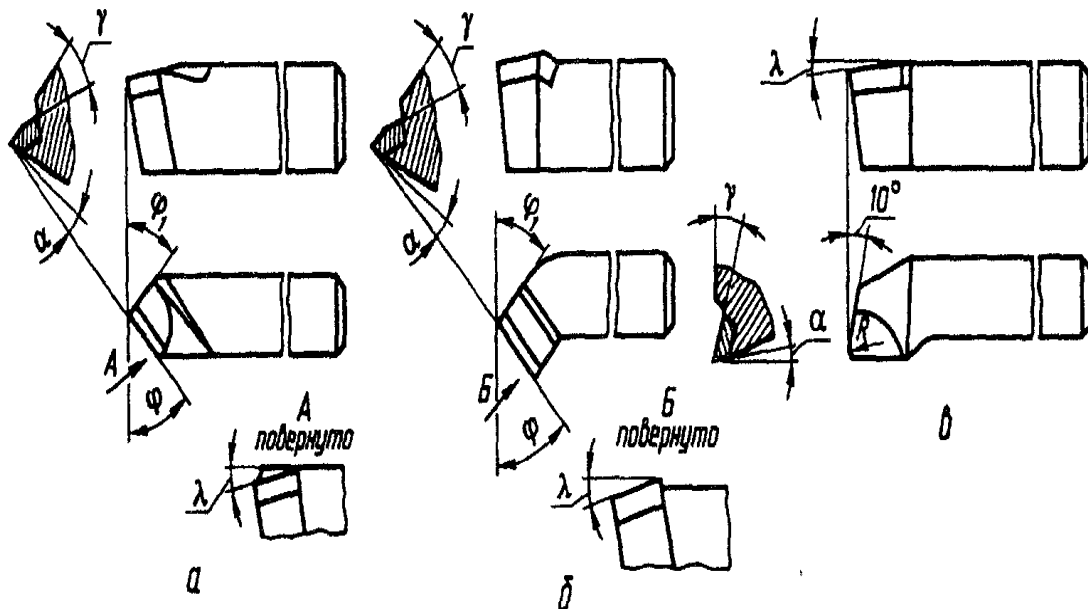


Рис. 4.65. Прохідні різці для оброблення зовнішніх поверхонь:  
 а – прямий; б – відігнутий; в – упорний

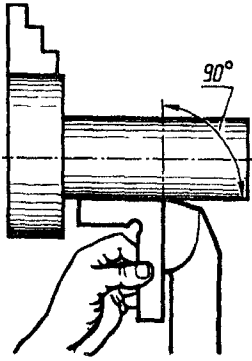


Рис. 4.66. Установлення прохідного упорного різця за косинцем

У практиці переважно використовують *прохідні упорні різці*, в яких головний кут у плані  $\varphi = 90^\circ$  (рис. 4.65, в). Ними зручно обробляти зовнішні циліндричні поверхні й підрізувати уступи. Різальна кромка при цьому має бути перпендикулярною до осі заготовки, що контролюється косинцем (рис. 4.66). Упорні різці застосовуються також для обточування нежорстких валів, оскільки вони спричиняють менше прогинання заготовки. Проте в разі використання різців з кутом  $\varphi = 90^\circ$ , у роботі бере участь менша довжина різальної кромки, ніж у різців з кутом  $\varphi = 30\text{--}60^\circ$ , тому стійкість упорних різців нижча, ніж прямих і відігнутих.

Для чорнових проходів застосовують різці, в яких радіус закруглення вершин  $r = 0,5\text{--}1$  мм, а для напівчистових – в яких  $r = 1,5\text{--}1$  мм; адже, чим більший радіус при вершині, тим чистішою буде оброблена поверхня (меншою буде висота залишкових нерівностей). Для чистового точіння доцільно використовувати чистові різці, радіус закруглення в яких  $r = 3\text{--}5$  мм.

Твердосплавні різці для оброблення чавуну мають гостру кромку, а для оброблення сталі на кромці різця виконують вузьку фаску (рис. 4.67).

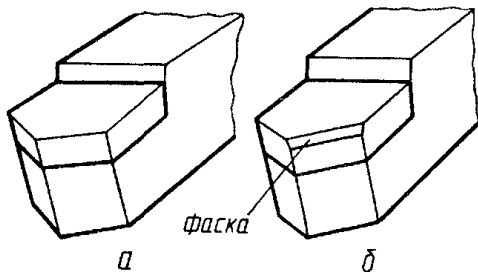


Рис. 4.67. Форми передньої поверхні твердосплавного різця:  
а - плоска, б - плоска з фаскою

Перед початком оброблення заготовки токар вивчає креслення деталі та обміряє заготовку, щоб продумати, за скільки робочих ходів (проходів) слід зрізати припуск, тобто зайвий шар металу. Різець установлюють на потрібну глибину різання за допомогою лімба – кільця з поділками, закріпленого на кінці поперечних полозків супорта (рис. 4.68, а, б). На лімбі позначено *ціну поділки*, тобто значення поперечного переміщення різця за обертання рукоятки

гвинта поперечних полозків з лімбом на одну поділку лімба. У сучасних верстатах ціна поділки дорівнює 0,05 мм на сторону. Це означає, що одній поділці лімба відповідає зменшення або збільшення діаметра заготовки на  $0,05 \cdot 2 = 0,1$  мм.

Щоб одержати потрібний діаметр деталі, застосовують *метод пробних проходів*. Різець підводять до заготовки, що обертається, забезпечуючи стикання з оброблюваною поверхнею. Момент зіткнення помічають за появою ледь помітної кільцевої риски. Далі різець відводять праворуч за межі заготовки поздовжнім переміщенням супорта. Лімбове кільце встановлюють спочатку в нульове положення, і поворотом рукоятки пересувають поперечні полозки супорта вперед на відстань, дещо меншу, ніж треба для одержання остаточного розміру (контроль за лімбом поперечних полозків). Після цього ручною подачею обточують невелику ділянку поверхні на довжину 3–5 мм,

відводять різець і штангенциркулем або мікрометром вимірюють розмір цієї ділянки.

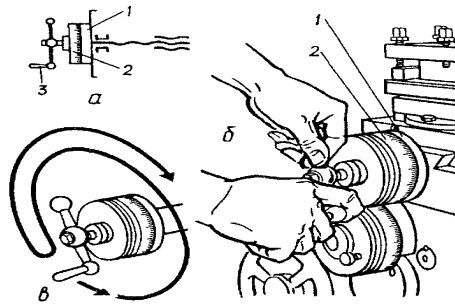


Рис. 4.68. Лімб на гвинті поперечного супорта: а, б - лімб; в - схема користування лімбом; 1 - фланець на фартусі супорта; 2 - лімб; 3 - рукоятка гвинта поперечного супорта

За даними вимірювань уточнюють, на яку відстань треба додатково подати різець уперед. Коли різець остаточно встановлено на розмір, решту заготовок партії обробляють з установленням різця за лімбом без пробних робочих ходів.

Між гвинтом поперечних полозків та його гайкою завжди є деякий *люфт* (зазор). Щоб цей люфт не спричиняв похибок, під час установлення різця за лімбом, рукоятку гвинта слід обертати лише за рухом стрілки годинника, тобто праворуч, зробивши попередньо один оберт проти руху стрілки годинника (рис. 4.68, в).

Верхні полозки супорта також мають лімб, ціна поділки якого становить 0,05 мм.

Різець установлюють у різцетримачі так, щоб його вершина була розташована на рівні осі. Контроль здійснюють за центром задньої бабки (рис. 4.69, а) або за шаблоном (рис. 4.69, б). Під подошвою різця розташовують підкладки з м'якої листової сталі, причому, кількість їх має бути якомога меншою, а подошва різця повинна спиратися на підкладки всією поверхнею (рис. 4.69, в). Виліт різця з різцетримача не повинен перевищувати півтори висоти державки:  $l \leq 1,5H$  (рис. 4.70).

Різець затискають у різцетримачі не менше як двома гвинтами. Виліт заготовки з патрона має бути мінімальним (рис. 4.71). Способи підрізування торця показано на рис. 4.72.

Зрізування великого припуску подачею в напрямку до центру (рис. 4.73, а) спричиняє зусилля відтискання з боку допоміжної кромки. Тому різальна кромка заглиблюється у торець, і він стає вгнутим. Для запобігання цьому рекомендується чистові проходи виконувати подачею від центру (рис. 4.73, б). Якщо зацентрування торця виконано за типом В (див. рис. 4.51) - з фаскою, то на операції підрізування центра торця застосовується зрізаний центр (рис. 4.73, в).

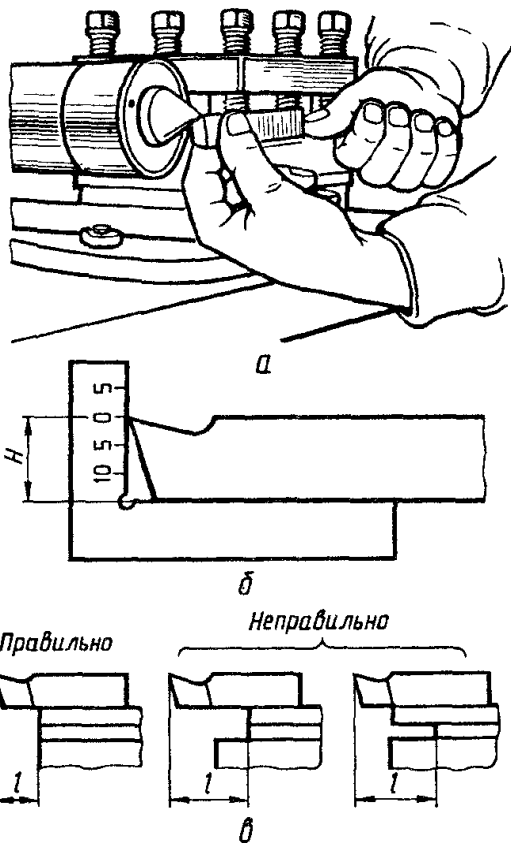


Рис. 4.73. Контроль встановлення вершини різця: а – за центром задньої бабки; б - за шаблоном; в - з використанням підкладок

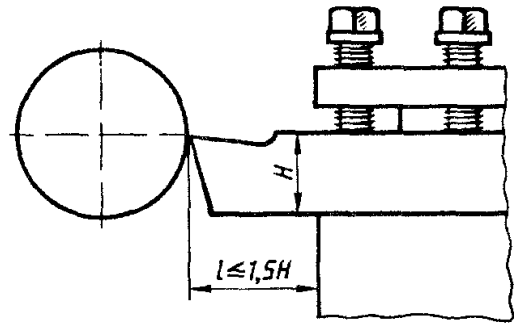


Рис. 4.74. Виліт різця з різцетримача

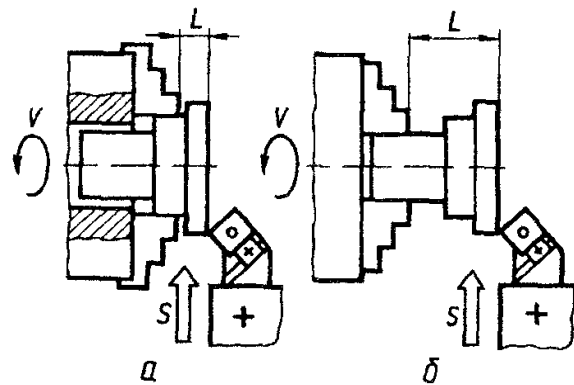


Рис. 4.75. Виліт заготовки з патрона у процесі підрізування торця: а – правильно; б - неправильно

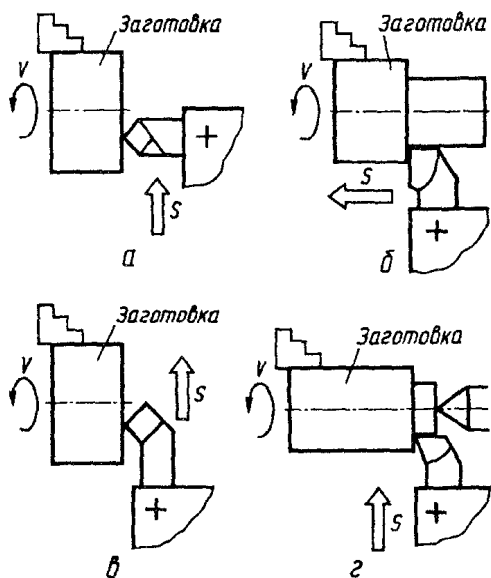


Рис. 4.76. Підрізування торця різцем: а - прохідним прямим; б - прохідним відігнутим; в - прохідним упорним; г - підрізним (торцевим)

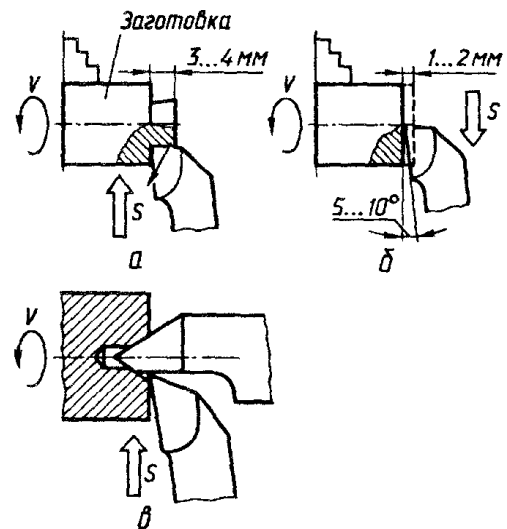


Рис. 4.77. Підрізування торця поперечною подачею упорного різця: а - подача до центру під час чорнового проходу; б - подача від центру під час чистового проходу; в - застосування зрізаного центру

#### 4.2.6. Проточування зовнішніх канавок та їх відрізування

Канавки на зовнішніх циліндричних поверхнях проточують *прорізними* (канавковими) *різцями*, а підрізають – *відрізними різцями*, довжина відтягнутої головки яких більша, ніж у прорізних (рис. 4.78). Головки прорізного й відрізного різців мають по дві допоміжні кромки, кожна з яких розташована під невеликим допоміжним кутом у плані  $\varphi_1 = 1-3^\circ$ . Для зменшення тертя допоміжних задніх поверхонь об стінки канавки, що прорізується, головку різця звужують до підшви ( $\alpha = 1..3^\circ$ ).

Відрізний різець призначено для відрізування готової деталі від заготовки або для розрізування заготовки на частини.

Операції проточування канавок та відрізування в токарній справі пов'язані з певними труднощами. По-перше, внаслідок малого перерізу відтягнутої головки різця трапляються поломки інструмента. По-друге, можливе заклинювання різця у прорізі через пружну деформацію заготовки, що іноді призводить до поломки різця. Токарі-новатори запропонували конструкції різців, які менше зазнають поломок: різець «півник» зі збільшеною висотою відтягнутої головки (рис. 4.79, а) та різець з різальною кромкою, що розташована на рівні осі державки (рис. 4.79, б).

У металообробних цехах підприємств застосовується *збірний відрізний різець* зі змінними ножами (рис. 4.80, а). Пластинчастий двосторонній ніж 1 установлюють у кутовий паз державки 3 й закріплюють зверху за допомогою спеціальної планки 2 та першого гвинта різцетримача.

Новатори запропонували конструкцію збірного відрізного різця зі змінним пластинчастим ножем, котрий кріпиться до державки гвинтом (рис. 4.80, б).

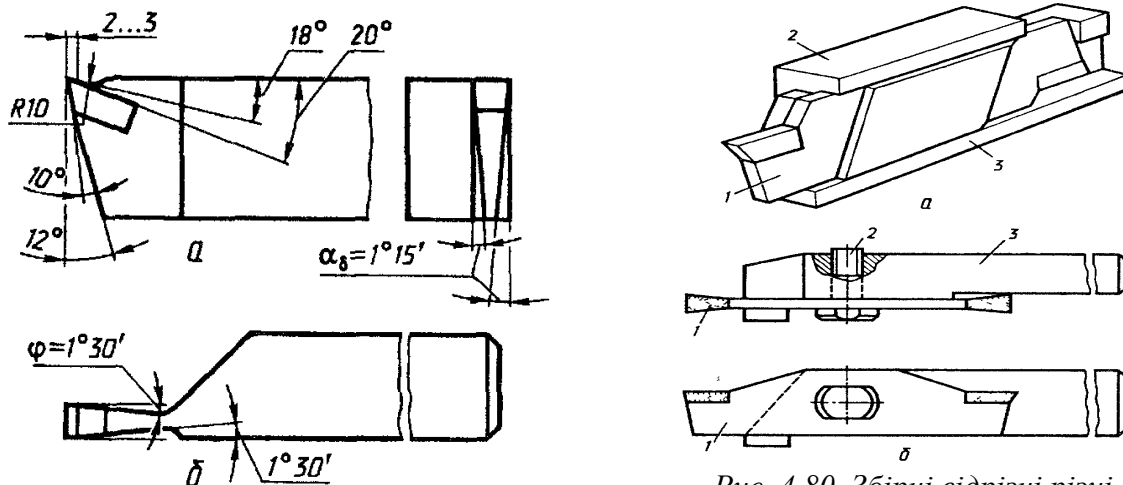


Рис. 4.78. Твердосплавні різці:  
а – прорізний; б – відрізний

Рис. 4.80. Збірні відрізні різці  
з двосторонніми ножами  
а - з притисканням ножа до державки  
планкою зверху: 1 – ніж; 2 – планка;  
3 – державка; б - з пригвинчуванням ножа  
до державки: 1 – ніж; 2 – гвинт;  
3 - державка

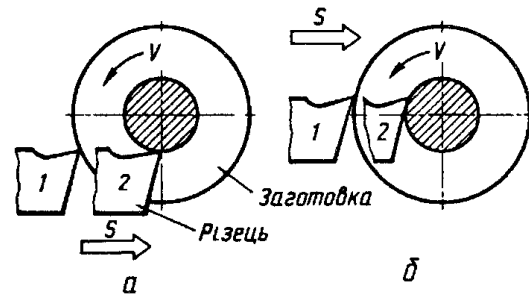
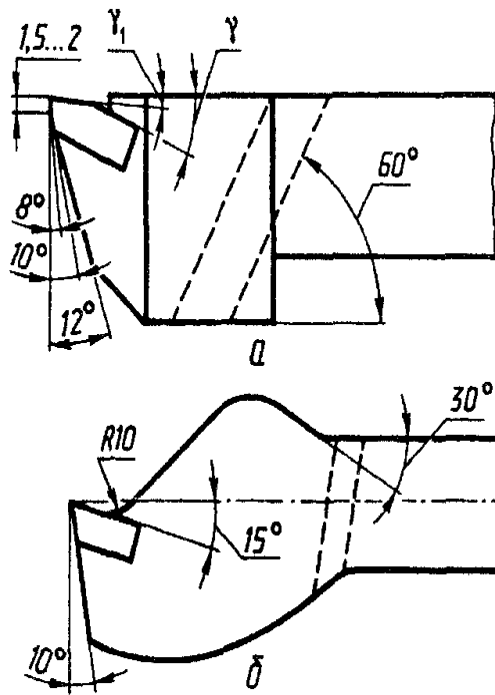


Рис. 4.81. Похибки в роботі відрізного різця внаслідок встановлення його вершини не по центру: а - нижче від центра; б - вище від центра; 1 - на початку відрізування; 2 - в кінці

Рис. 4.79. Відрізні різці з «підсиленою головкою»: а - головка типу «півник»; б - розташування вершини на рівні осі державки

Ширина різальної кромки відрізного різця залежить від діаметра заготовки, що обробляється, і становить 3–8 мм. Відрізний різець потрібно встановлювати якомога точніше відносно осі центрів верстата: якщо різальна кромка проходить нижче або вище від осі, то в цьому разі на деталі, що відрізується, утворюватиметься «недоріз» – стерженець (рис. 4.81). Державку відрізного різця слід розташовувати перпендикулярно до осі заготовки, щоб бічна поверхня головки не терлася об стінки канавки. Відстань місця відрізування від кулачків патрона не повинна перевищувати 3–5 мм.

Процес різання значно полегшується, якщо проточування канавок або відрізування виконувати врозбивку з поздовжнім переміщенням різця на 0,5...1 мм в обидва боки (рис. 4.82).

Широкі та глибокі канавки, як радять новатори, доцільно проточувати канавковим різцем, розділивши припуск на два шари завглибшки  $h = H/2$ . Схему робочих ходів показано на рис. 4.83. Такий поділ припуску забезпечує рівномірне навантаження різця та надійне стружколомання.

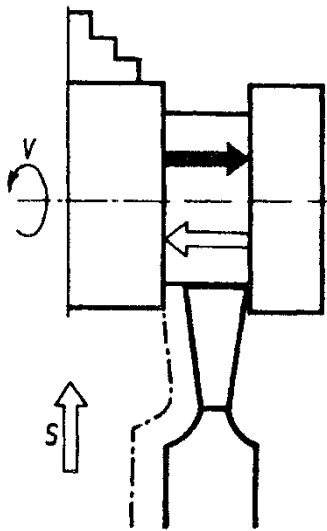


Рис. 4.82. Схема відрізування врозбивку

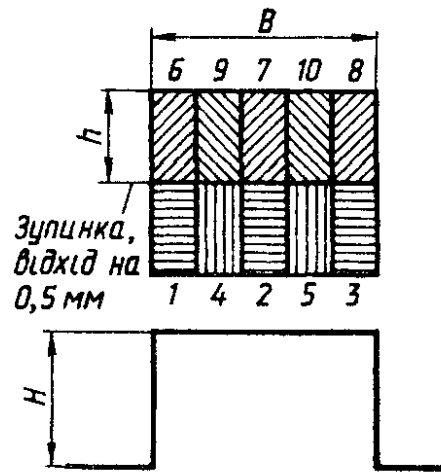


Рис. 4.83. Схема проточування широкої та глибокої канавки на токарному верстаті: 1...8 - послідовність робочих ходів

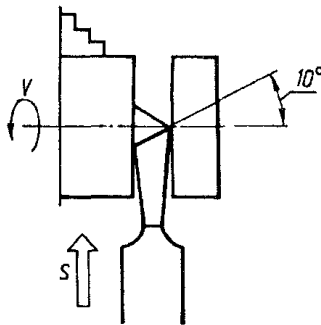


Рис. 4.84. Різець зі скошеною різальною кромкою

Відрізаючи деталь великого діаметра, потрібно відвести різець від канавки за 2–3 мм до осі, а потім, зупинивши верстат, відламати частину, що відрізується: у такий спосіб запобігають затисненню різця у прорізаний канавці. Щоб торець відрізаної деталі був підрізаним до центра, відрізний різець заточують зі скосом (рис. 4.84).

Для отримання заданої довжини  $L$  частини заготовки, відрізаної від прутка, рекомендується висувати пруток із патрона до зіткнення його з відкидним упором, який закріплено в задній бабці (рис. 4.85); після встановлення прутка упор відводять убік.

Важкі відрізні роботи (великий діаметр, твердий матеріал) доцільно виконувати зі зворотним обертанням шпинделя відігнутих відрізних різцями, різальна кромка якого розташована знизу (рис. 4.86). Розглянемо переваги використання відрізних різців у разі зворотного обертання шпинделя.

### Пряме обертання

Сила, що діє з боку різця на заготовку, намагається підняти її: якщо між шпинделем і підшипником є зазор, то шпиндель трохи піднімається.

Стружка утримується на різці, завивається на заготовку, що спричиняє необхідність видаляти її гачком або періодично виводити різець із канавки

### Зворотне обертання

Сила, що діє з боку різця на заготовку, напрямлена вниз, тобто притискає шпиндель до підшипника

Стружка падає вниз безпосередньо в корито під дією власної маси

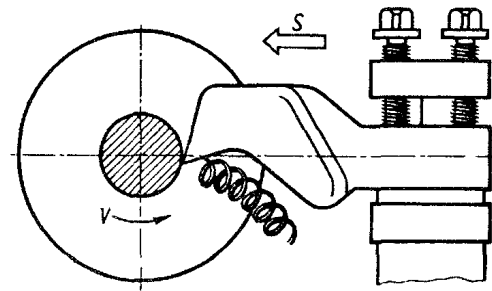
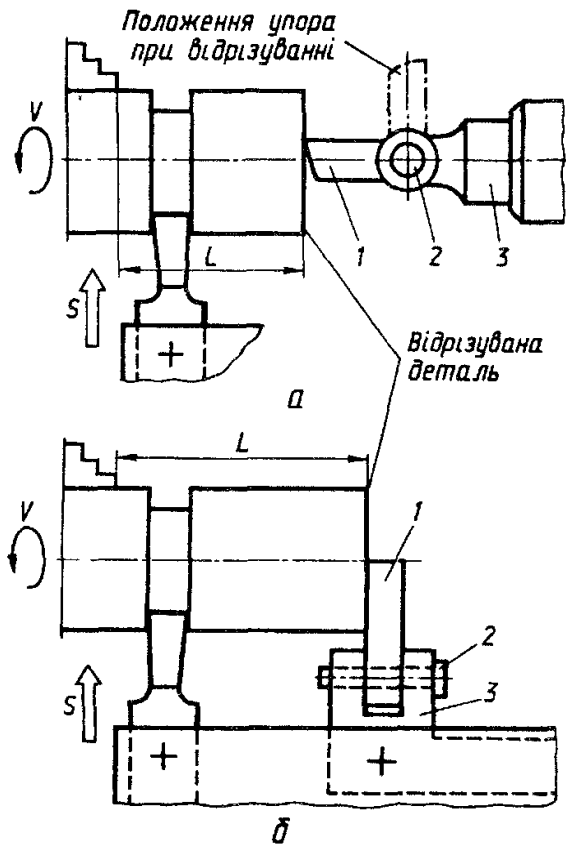


Рис. 4.86. Відігнутий різець для відрізування зі зворотним обертанням заготовки

Рис. 4.85. Застосування відкидних упорів під час відрізування:  
 а - упор у пшоні задньої бабки; б - упор у різцетримачі;  
 1 - упор (при встановленні вільоту прутка);  
 2 - шарнір; 3 - корпус пристрою; L - виліт прутка з патрона

За наявності на заготовці виступів або твердих включень удар сприймає різець, що може призвести до поломки його відтягнутої головки або до викришування твердосплавної пластинки різця.

Виступи або тверді включення, ударяючи по різцю, спричиняють деяке відтискування зігнутої державки. Це амортизує удар і запобігає поломці різця. Амортизації сприяють також суміжні зазори між суміжними деталями супорта.

Глибину проточуваної канавки контролюють за допомогою лінійки, глибиноміра штангенциркуля ШЦ-1, штангенглибиноміра або шаблона (рис. 4.87), ширину внутрішньої канавки й відстань від канавки до торця - за допомогою штангенциркуля, лінійки або шаблона (рис. 4.88).

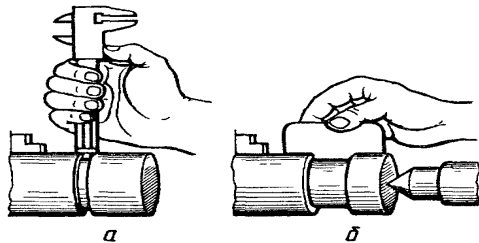


Рис. 4.87. Контроль глибини канавки: а - глибиноміром штангенциркуля; б - шаблоном

Подача, потрібна для виконання проточування й відрізування, є меншою, ніж при зовнішньому обточуванні чи підрізуванні - 0,1...0,3 мм/об. Швидкість різання під час відрізування на 15...20% менша, ніж при зовнішньому тоцінні.



#### 4.2.7. Обробка заготовок валів

Серед деталей із зовнішніми циліндричними і торцевими поверхнями найчастіше застосовуються деталі класу валів, типовим представником яких є ступінчастий вал.

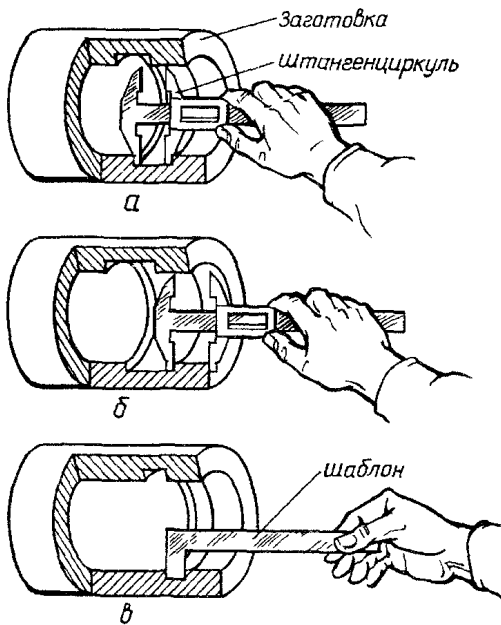


Рис. 4.88. Контроль внутрішніх канавок і виточок:  
 а, б - відповідно ширини виточки й відстані до виточки штангенциркулем; в - ширини виточки шаблоном

Для оброблення *ступінчастого вала*, який має кілька ділянок різного діаметра та довжини, верстат налагоджують по першій заготовці за допомогою пробних робочих ходів (проходів) окремо для кожного уступу. Поділки лімба гвинта поперечних полозків супорта, що відповідають діаметрові кожного уступу, запам'ятовують або записують. За цими даними обробляють усю партію деталей, без пробних робочих ходів.

Схему обточування ступінчастого вала, за якої увесь припуск поділяють на відрізки, зображено на рис. 4.89, а.

Сумарний шлях переміщення різця при цьому дорівнює сумі довжин уступів:

$$l_{\text{сум}} = l_1 + l_2 + l_3.$$

За іншою схемою припуск поділяють за глибиною різання й зрізують за кілька робочих ходів (рис. 4.89, б). При цьому сумарний шлях переміщення різця

$$\begin{aligned} l_{\text{сум}} &= (l_1 + l_2 + l_3) + l_1 = \\ &= 3l_1 + 1l_2 + l_3. \end{aligned}$$

Робота за такою схемою характерна для оброблення нежорстких заготовок, але вона є менш продуктивною.

Довжину уступів контролюють за допомогою висувного глибиноміра штангенциркуля ШЦ-1, а також штангенглибиноміром, лінійкою або шаблоном (рис. 4.90). Сучасні токарні верстати мають лімб поздовжньої подачі (ціна поділки 1 мм), за допомогою якого теж можна контролювати шлях поздовжнього переміщення різця й відводити різець у той момент, коли отримано потрібну довжину уступу.

За окремим замовленням до токарного верстата додається спеціальний електронний пристрій автоматичного контролю довжини проходу різця.

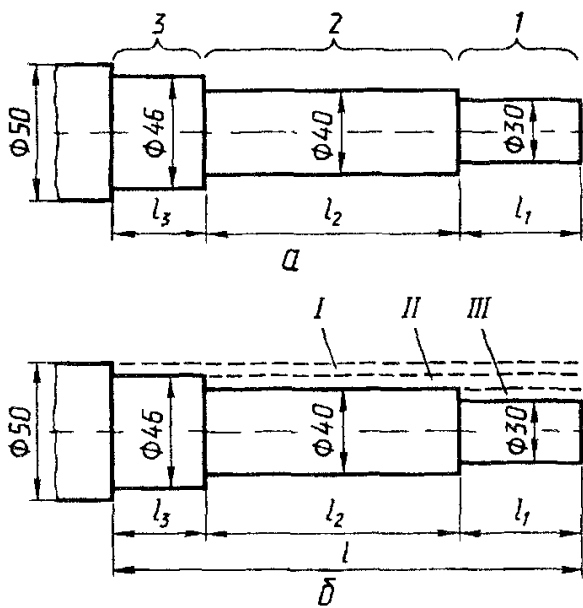


Рис. 4.89. Схеми обточування ступінчастого вала:  
 а - з розподілом припуску по довжині: 1, 2, 3 – уступи;  
 б - з розподілом припуску по глибині: I, II, III - робочі ходи

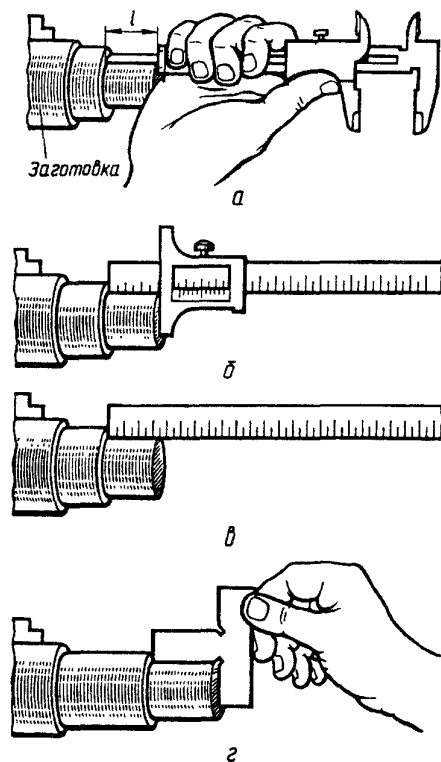


Рис. 4.90. Контроль довжини уступів ступінчастого вала:  
 а - штангенциркулем ШЦ-1; б - штангенглибиноміром; в - лінійкою; г - шаблоном

Партію ступінчастих валів доцільно обробляти за допомогою повздовжнього упора, що закріплюється на передній напрямній станині (рис. 4.91).

Проточивши першу (пробну) заготовку на потрібну довжину, токар повинен вимкнути верстат і, не відводячи супорт, закріпити упор на станині так, щоб він торкався лівої бічної грані каретки супорта. Після цього всі заготовки, які обробляють із переміщенням супорта до упора, матимуть однакову довжину обточуваних уступів. Коли супорт перебуватиме на відстані 1-2 мм до упора, механічну подачу потрібно відключити і далі довести його до кінця (до потрібного розміру) ручною подачею.

Обробляючи заготовки деталей з кількома уступами, використовують вимірювальні обмежувачі - набори мірних плиток або ж спеціальні мірні планки, які кладуть попереду упора (рис. 4.92). Перший уступ на довжину  $l_4$  обточують з подачею супорта безпосередньо до упору; другий - на довжину  $l_3$  до обмежувача довжини завдовжки  $l_4 - l_3$ ; третій уступ  $l_2$  - до обмежувача довжини завдовжки  $l_4 - l_2$ ; четвертий  $l_1$  - до обмежувача довжини завдовжки  $l_4 - l_1$ .

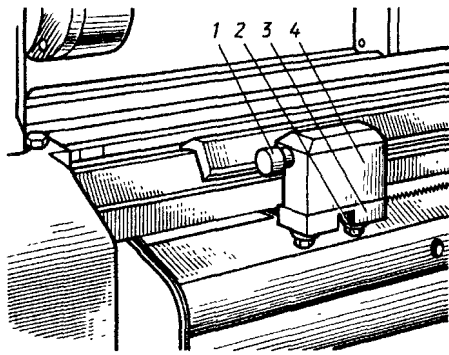


Рис. 4.91. Поздовжній упор на напрямній станині:

1 - регулювальний упорний гвинт; 2 - гвинт; 3 - притискна планка; 4 - корпус

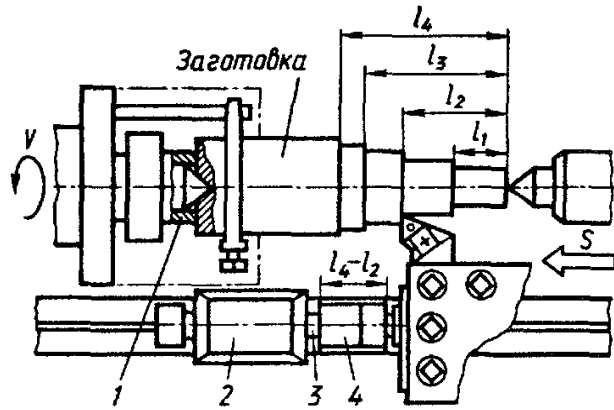


Рис. 4.92. Схема налагодження верстата на обточування ступінчастого вала за упором:

1 - плаваючий центр; 2 - упор; 3 - регулювальний гвинт; 4 - обмежувачі довжини уступів

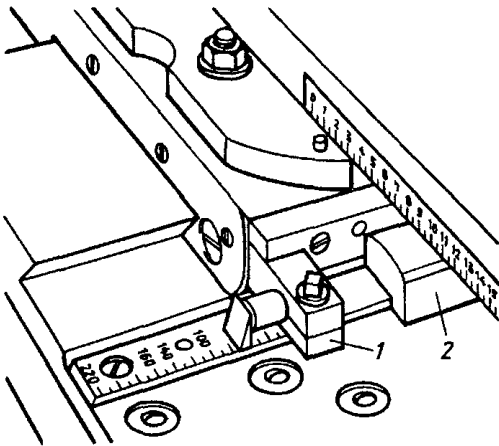


Рис. 4.93. Поперечні упори верстата КА-280:

1 - рухомий на поперечних полозках супорта;  
2 - нерухомий на каретці супорта

Контроль діаметральних розмірів уступів ступінчастого вала здійснюється за допомогою *поперечних упорів* (рис. 4.93), причому, нерухомий упор 2 закріплюється на каретці супорта, а рухомий 1 – на поперечних полозках.

Між ними у разі потреби укладаються набори мірних плиток або спеціальних мірних пластинок.

В отвір рухомого поперечного упора можна вставляти індикатор, який дає змогу контролювати глибину різання з точністю до 0,01 мм.

Приклад налагодження верстата на оброблення ступінчастого вала зображено на рис. 4.94.

Контроль довжини уступів ступінчастої деталі ефективно здійснюється за допомогою барабанного упора з регульованими упорними гвинтами (рис. 4.95). Цей пристрій забезпечує високу точність та ідентичність розмірів уступів у разі виготовлення деталей партіями. Барабанний упор закріплюється на передній напрямній станині, як і звичайний упор, що поставляється в комплекті до верстата.

Креслення барабанного упора зображено на рис. 4.96. У корпус упора 1 запресована цапфа 2, на яку насаджено барабан 3 із шістьма нарізними отворами під упорні гвинти 4 на зовнішній поверхні і шістьма гніздами під фіксатор на торці. Підпружинений фіксатор 5 розташований в отворі корпусу.

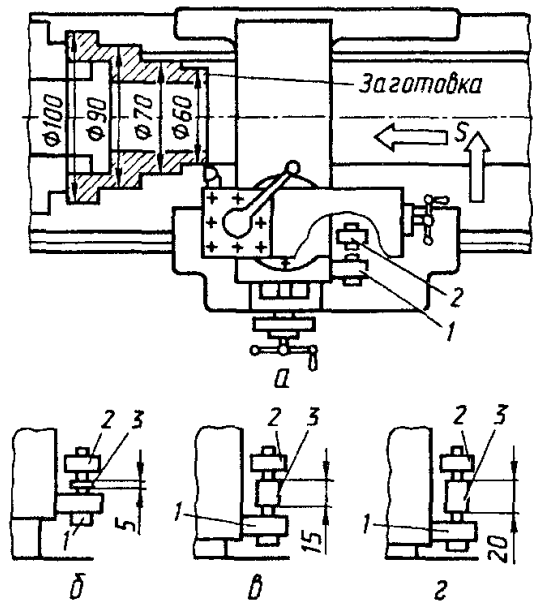


Рис. 4.94. Схема оброблення ступінчастого вала за поперечним упором з поперечними обмежувачами для обточування уступів: а -  $\varnothing 60$  мм; б -  $\varnothing 70$  мм; в -  $\varnothing 90$  мм; г -  $\varnothing 100$  мм; 1 - упор на поперечних полозках супорта; 2 - нерухомий упор на каретці; 3 - мірна плітка - поперечний обмежувач

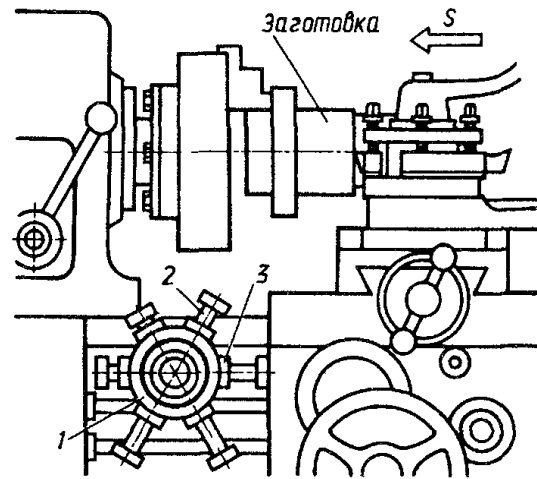


Рис. 4.95. Схема закріплення барабанного упора: 1 - барабанний упор; 2 - упорний гвинт; 3 - контргайка

Упорні гвинти вигвинчуються з барабана на різну довжину, залежно від шляху проходження різцем певних уступів вала. Різці закріплюються в різцетримачі в певній послідовності.

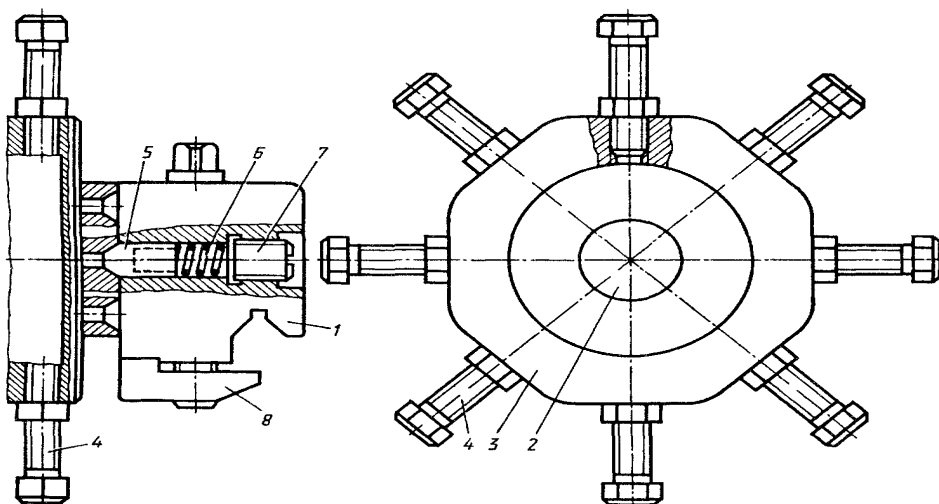


Рис. 4.96. Барабанний упор до токарного верстата:  
1 - корпус; 2 - цапфа; 3 - барабан; 4 - упорний гвинт; 5 - фіксатор;  
6 - пружина; 7 - гвинт фіксатора; 8 - притискна планка

У схемі наладки верстата для оброблення ступінчастого вала (рис. 4.97, б), застосовуються чотири різці: 1 - прохідний відігнутий для підрізування торця і зовнішнього обточування на діаметр 32 мм; 2 - прохідний упорний для проточування діаметра 26 мм і підрізування уступу; 3 - канавковий для

підрізування радіусної канавки радіуса 1,5 мм; 4 - канавковий для підрізування канавки радіуса 2,5 мм. Після закінчення обробки всіма чотирма різцями, тобто після повного повороту головки різця, в роботу знову вступає різець 1, яким знімається фаска 45°.

У барабанному упорі встановлюють гвинти у тій самій послідовності, що й відповідні їм різці в різцетримачі (рис. 4.97, в). Вильоти гвинтів виставляють у процесі виготовлення першої (пробної) деталі.

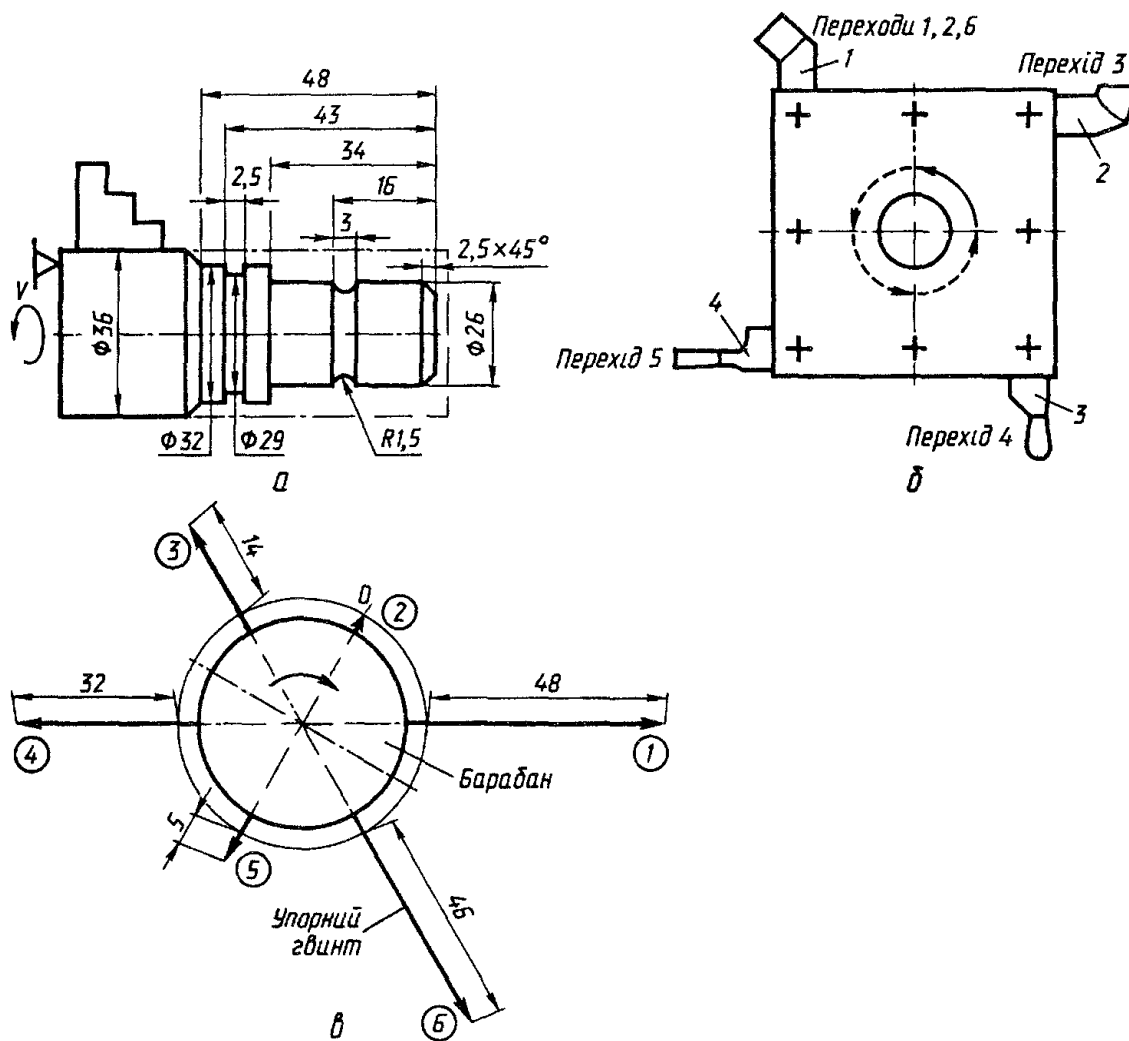


Рис. 4.97. Наладка токарного верстата для оброблення ступінчастого вала за барабанним упором:  
 а - креслення оброблюваної деталі; б - схема наладки різцетримача;  
 в - схема наладки барабанного упора

Після підрізування торця першої деталі начисто, гвинт (1) упора вигвинчують так, щоб він уперся в каретку супорта.

Потім провертають барабан упора і гвинт (2) загвинчують до мінімуму.

Різцем 1 проточують поверхню заготовки на діаметр 32 мм завдовжки 48 мм (контроль штангенглибиноміром) і вивертають гвинт до упору в каретку. Так само обробляють решту поверхонь і виставляють гвинти упорів. Оскільки

гвинт (2) відповідає найдовшому проходові, то виліт решти гвинтів відносно гвинта (2) дорівнює різниці між проходом, що становить 48 мм, і відстанями від торця заготовки, які залежать від положення відповідних різців. Самовідгвинчуванню упорних гвинтів запобігають використанням контргайок.

Після налагодження упорів за першою (пробною) деталлю остаточне регулювання здійснюють за другою деталлю. Решту заготовок партії можна обробляти за упорами без замірювання.

Для полегшення налагодження верстата складається операційна технологічна карта. Приклад такої карти до рис. 4.97 наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

### Операційна технологічна карта

Пере хід	Операція	Різець	Гвинтовий упор	Виліт гвинтового упора відносно гвинта 2, мм
1	Підрізати торець	Прохідний відігнутий 1	1	$48 - 0 = 48$
2	Проточити на діаметр 32 мм, витримавши довжину 48 мм	Той самий	2	0
3	Проточити на діаметр 26 мм і підрізати уступ, витримавши довжину 34 мм	Прохідний упорний 2	3	$48 - 34 = 14$
4	Проточити канавку радіусом 1,5 мм, завширшки 3 мм, витримавши довжину 16 мм	Канавковий 3, радіус якого 1,5 мм	4	$48 - 16 = 32$
5	Проточити канавку завширшки 2,5 мм на діаметр 29 мм, витримавши довжину 43 мм	Канавковий 4	5	$48 - 43 = 5$
6	Зняти фаску $2 \times 45^\circ$	Прохідний відігнутий 1	6	$48 - 2 = 46$

#### 4.2.8. Неполадки, що виникають під час оброблення заготовок деталей із зовнішніми циліндричними й торцевими поверхнями, та способи їх усунення

Причини	Способи усунення
<i>Частина поверхні залишається необробленою</i>	
Недостатній припуск на оброблення, кривизна заготовки	Проконтролювати розміри заготовки, порівняти з кресленням. Відрихтувати або замінити дефектну заготовку.
Неточне закріплення заготовки на оправці призвело до „відведення” осі отвору, тобто має місце неспіввісність.	Забезпечити співвісність оправки та осі обертання заготовки.
Неправильно виконано центрування: центрові отвори змістилися від осі заготовки	Забезпечити допустиме биття зовнішнього діаметра заготовки відносно центрових отворів.
Заготовка закріплена в патроні з недопустимим биттям або перекосом.	Закріпити заготовку заново, домогтися мінімального биття по зовнішній поверхні і торцю: допускається коригування биття легким постукуванням по заготовці мідним або дерев'яним молотком.
Неправильно вибрана чорнова база ступінчастої заготовки (поковки або відливки).	За чорнову базу вибирати ту поверхню, котра в подальшому не обробляється або має мінімальний припуск на оброблення.
Деформація (викривлення, жолоблення тощо) заготовки після чорнового обточування внаслідок перерозподілу внутрішніх напружень,	Додаткове термічне оброблення (нормалізація) після чорнового точіння для зняття внутрішніх напружень.
Відтискування різця внаслідок великої сили різання, що виникає через підвищену твердість оброблюваного матеріалу або через завищення глибини різання і значення подачі.	Відкоригувати режим різання за довідником. Зменшити виліт різця з різцетримача.
Збільшення діаметра оброблюваної поверхні під час роботи різцем з механічним кріпленням пластинки клином через ослаблення гвинтового притискача	Затягнути притискач. Застосувати різці з механічним кріпленням пластинки двоплечим важелем або різця з притискуванням пластинки Г-подібним притискачем.

## Причини

## Способи усунення

### *Частина поверхні залишається необробленою*

Вимірювання нагрітої деталі.

Охолодити деталь перед вимірюванням. Скласти оброблені деталі і калібри на деякий час (до контролю) на спільній чавунній плиті для збалансування температури.

Нерівномірний припуск уздовж заготовки.

Забезпечити необхідний за технологічним процесом припуск на оброблення; оброблення виконувати за кілька проходів.

### *Розкид розмірів діаметрів*

Неоднакова сила підтискування пінолі задньої бабки, унаслідок чого коливається пружна деформація поздовжнього вигину заготовки (особливо для нежорстких заготовок).

Виконувати затискання пінолі задньої бабки з однаковим зусиллям. Для цього встановлювати рукоятку маховичка в одному й тому самому положенні.

### *Биття ділянок поверхні (або шийок вала) відносно одна одної*

Заготовка на ділянці закріплення в патроні мала викривлення відносно своєї власної осі та центрального отвору.

Для оброблення заготовки з другого боку кріпити її за попередньо оброблену поверхню.

Перекося внаслідок ненадійного закріплення заготовок (зазори у затискному механізмі токарного патрона).

Для вибору зазорів розтиснути кулачки під час розточування до упору всередину мірного кільця, при обточуванні - до упору в зовнішню поверхню вимірювального диска (див. рис. 4.42). Кулачки після фіксації проточити різцем.

Перекіс унаслідок спрацювання головки переднього центру.

Замінити передній центр або проточити на місці головку центру ельборовим різцем, користуючись спеціальним пристроєм.

Слабко закріплена заготовка через потрапляння стружки або бруду в патрон чи під центр (рис. 4.98).

Розібрати патрон. Промити його деталі у гасі, скласти заново. Протерти посадковий внутрішній конус у шпинделі.

### *Недотримані лінійні розміри*

Ненадійно закріплений упор на передній напрямній станині

Надійно закріпити гвинти упора

Розкид лінійних розмірів ступінчастих деталей через похибки контролю.

Для оброблення ступінчастих поверхонь обирати барабанний упор (див. рис. 4.97).



## Причини

## Способи усунення

### *Не витримані лінійні розміри*

Відсутній упор заготовки в поздовжньому напрямку.

Закріпити заготовку в патроні до упору в кулачки (див. рис. 4.46). Установити шпиндельний упор (див. рис. 4.47). Підрізати торець гвинта упора після установа. Для довгих пруткових заготовок застосувати внутрішньо шпиндельний упорний центр або упорну штангу (див. рис. 4.48).

Несвоєчасно виключається автоматична подача.

Виключити автоматичну подачу за 1...2 мм до необхідного положення уступу і довести різець ручною подачею супорта.

Неоднакові лінійні розміри уступів у партії деталей у разі закріплення в центрах через розкид центрових отворів.

У налагодці на роботу "до упору" передній центр має бути плаваючим (див. рис. 4.59), щоб базою завжди правив лівий торець заготовки.

### *Сідлоподібність (більший діаметр з боку задньої бабки)*

Різець "втягується" у заготовку через слабе зусилля затискування гвинтів різцетримача.

Надійно затягнути гвинти різцетримача.

Заготовка відтискується різцем унаслідок великого вильоту із кулачків патрона або великого зусилля відтискування.

Зменшити виліт заготовки, наскільки це можливо. Застосувати патрон зі спеціальними подовженими кулачками. Виконувати чорнове обточування уступами (ділянками), щоб якомога довше зберігалась жорсткість заготовки.

У разі кріплення заготовки в центрах – великий виліт пінолі задньої бабки.

Зменшити виліт пінолі задньої бабки

Ненадійне затиснення пінолі

Надійно затиснути піноль

Спрацювання напрямних станини з боку задньої бабки.

Відремонтувати верстат.

Після закріплення заготовки в центрах спостерігається збільшення діаметра деталі з боку задньої бабки через „сповзання” із заднього центру під дією осьової сили.

Періодично в процесі роботи контролювати підтискування заднього центру.

### Причини

*Сідлоподібність (менший діаметр з боку задньої бабки)*

Спрацювання напрямних станини з боку передньої бабки.

*Бочкоподібність (збільшення діаметра посередині вала)*

Відтискування заготовки під дією радіального зусилля.

### Способи усунення

Відремонтувати верстат.

Зменшити глибину різання. Під час чорнового проходу надати заготовці "корсетності", тобто зменшити діаметр посередині для компенсації бочкоподібності (рис. 4.99).

*Неокругленість обробленої поверхні*

Перекіс переднього центру внаслідок забруднення конічного шпинделя.

Очистити хвостовик переднього центру і конічного отвору шпинделя.

Биття шпинделя через спрацюваність його підшипників або ослаблення регулювальної гайки.

Установити передній центр і перевірити його індикатором на биття. Усунути биття шпинделя (робота слюсаря-ремонтника).

*Конусність обробленої поверхні*

Зміщення осі центру задньої бабки відносно центрів верстата.

Усунути зміщення задньої бабки, вивірити еталонним валиком за допомогою індикатора. Застосовувати зміщуваний задній центр.

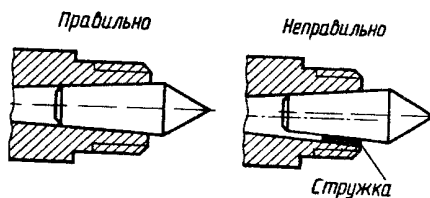


Рис. 4.98. Установка жорсткого центру в шпинделі токарного верстата

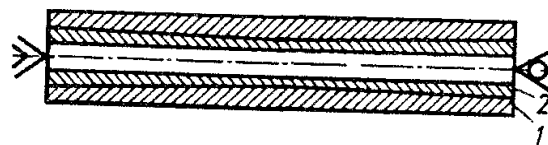


Рис. 4.99. Схема запобігання утворенню бочкоподібності під час обточування нежорсткого вала:

1, 2 - припуски відповідно для чорнового і чистового проходів

Перекіс заднього центру через забруднення його хвостовика та конічного отвору пінолі задньої бабки.

Старанно очистити хвостовик центру і конічну розточку пінолі задньої бабки.

Підвищена спрацюваність різця через неправильну термообробку швидкорізального різця або наявність мікротріщин у пластині твердосплавного різця.

Замінити різець.

Великий виліт заготовки з кулачкового патрона.

Зменшити виліт (див. рис. 4.75). Підтиснути заготовку заднім центром.

## Причини

## Способи усунення

### *Конусність обробленої поверхні*

Не вибрано люфт у поперечних полозках супорта (відтискування полозків).

Вибрати люфт (див. рис. 4.72, в).

### *Підвищена шорсткість обробленої поверхні*

Низька оброблюваність матеріалу (в'язка сталь, загартована сталь, відбілений чавун тощо).

Див. загальні рекомендації щодо поліпшення оброблюваності матеріалу.

Неправильно вибрано інструментальний матеріал.

Див. загальні рекомендації щодо вибору інструментального матеріалу (див. п. 4.1.3).

Спрацьованість різця по передній поверхні перевищує допустиме значення.

Працювати різцем до спрацьованості задньої поверхні 0,7...1,0 мм.

На різальній кромці леза є зазублини.

Старанно заточити і довести лезо різця.

Неправильно застосовані підкладки під різець. Перекіс різця.

Зменшити кількість підкладок. Правильно встановити підкладки (див. рис. 4.73, в). Установлення різця на лінію осі виконувати за шаблоном (див. рис. 4.73, б).

Завищений виліт різця.

Зменшити виліт різця  $l$  з різцетримача до 1,5Н (див. рис. 4.74)

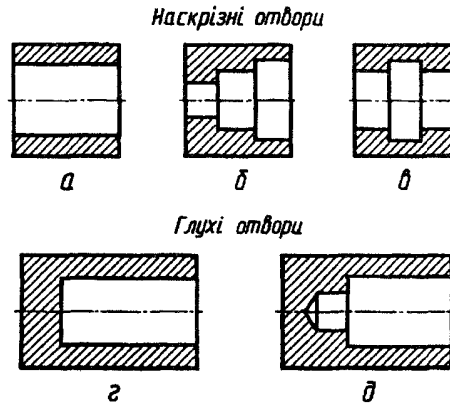
Неправильно вибрано режим різання: завищено подачу, залишаються сліди від різця, утворюється наріст на передній поверхні леза.

Відкоригувати режим різання за довідником. Залишати на чистовий робочий хід припуск 1–1.5 мм.

## **4.3. Обробка заготовок деталей із внутрішніми циліндричними поверхнями (отворами)**

### **4.3.1. Деталі з отворами. Контроль циліндричних отворів**

У багатьох деталях машин важливими елементами конструкції є *отвори*. Через отвори деталі з'єднуються гвинтами або болтами. *Циліндричні отвори* є робочими порожнинами деталей, насосів, компресорів. Застосовують їх і для підведення масла або охолодної рідини. Під час оброблення отворів дотримуються вимог щодо їх точності, прямолінійності осей, правильності геометричної форми, шорсткості поверхні та ін. За формою циліндричні отвори поділяються на *гладкі, ступінчасті й канавкові*, а також *наскрізні й глухі* (рис. 4.100).



*Рис. 4.100. Види отворів:  
а - гладкий, б - ступінчастий, в - з виточкою,  
г - глухий, д - глухий ступінчастий*

Діаметри отворів контролюються за допомогою штангенциркулів ШЦ-1 з точністю до 0,1 мм (рис. 4.101), ШЦ-2 - з точністю до 0,05 мм (рис. 4.102). Вимірюючи діаметр отвору штангенциркулем ШЦ-2, слід враховувати товщину губок  $B$ . Дійсний розмір  $D = A + 2B$ , де  $A$  - розмір, прочитаний на шкалі. Отвори діаметром 120 мм і більше вимірюють мікрометричним нутроміром з точністю до 0,01 мм (рис. 4.103).

Глибокі отвори великого діаметра (наприклад, порожнини циліндрів, двигунів) контролюються за допомогою індикаторного нутроміра з точністю до 0,01 мм (рис. 4.104). Настроювання на номінальний розмір виконується за еталонним кільцем або за набором мірних плиток. У процесі вимірювання внутрішній індикатор фіксує показник, який і дорівнює значенню відхилення від устанавленого номінального розміру.

У серійному та масовому виробництві отвори контролюють за допомогою двобічних калібрів-пробок (рис. 4.105, а). Двобічний калібр-пробка має два вимірювальних циліндри: прохідний  $ПР$  і непрохідний  $НЕ$ , що відповідають найбільшому граничному і найменшому розмірам отвору.

Для контролю отворів діаметра 80 мм і більше застосовують зрізані однобічні калібри-пробки (рис. 4.105, б) або плоскі (рис. 4.105, в). Такі калібри-пробки легкі, за їх допомогою можна виявити овальність отвору, якщо контроль виконувати у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

**Запам'ятайте!** Перед контролем отвір очищають від стружки і протирають тільки після повної зупинки обертання шпинделя.

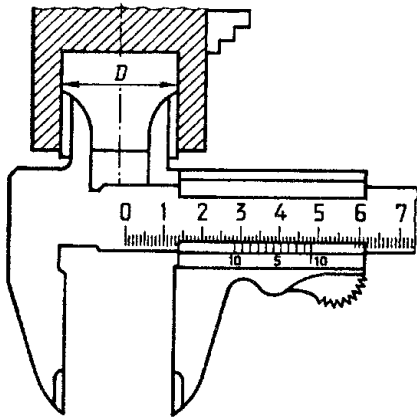


Рис. 4.101. Схема контролю діаметра отвору штангенциркулем ШЦ-1

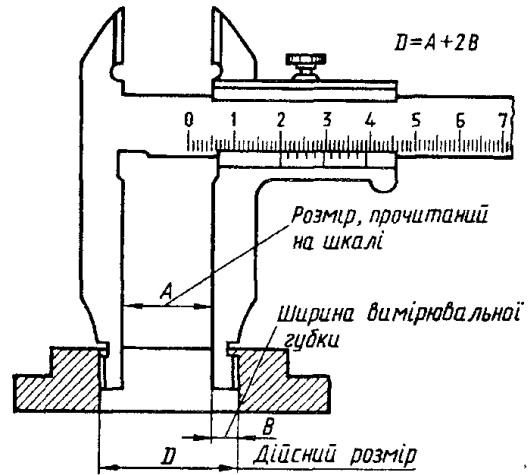


Рис. 4.102. Схема контролю діаметра отвору штангенциркулем ШЦ-2

Калібри-пробки зберігають у вертикальному положенні або укладають на панелях із пінопласту. Калібри потрібно оберегти від доторкування до металевих предметів та від падіння.

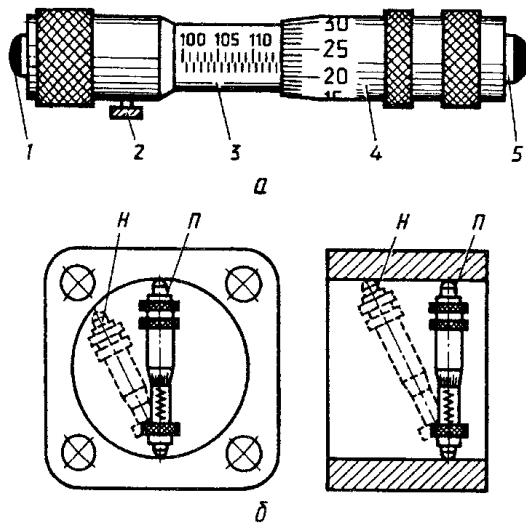


Рис. 4.103. Мікрометричний нутромір («мікро штихмас»): а - загальний вигляд: 1 - нерухома п'ятка; 2 - стопор; 3 - стебло з основною міліметровою шкалою; 4 - барабан зі шкалою, ціна поділки 0,01 мм; 5 - рухома п'ятка; б - процес вимірювання: П - правильно; Н - неправильно

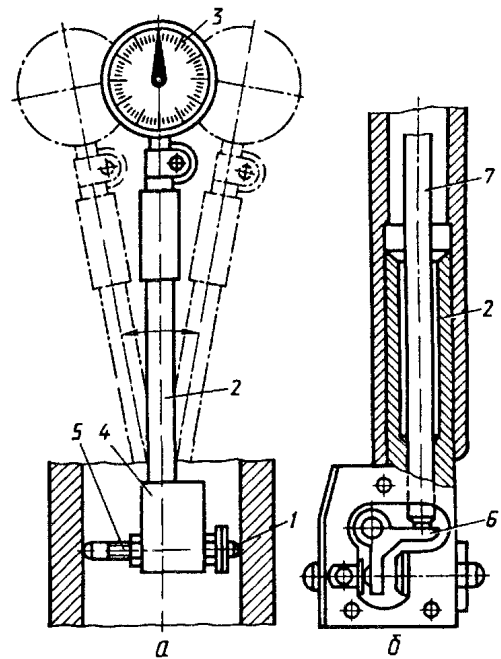


Рис. 4.104. Індикаторний нутромір: а - схема контролю отвору; б - важільний механізм; 1 - шуп; 2 - штанга; 3 - індикатор; 4 - коробка важеля; 5 - гвинт попередньої наладки; 6 - важіль; 7 - шток

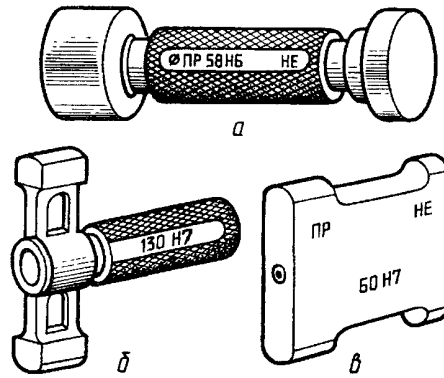


Рис. 4.105. Граничні  
калібри-пробки  
для контролю отворів:  
а - двобічний, б - однобічний;  
в – плоский

### 4.3.2. Свердла

Основним інструментом для свердління є *спіральне (гвинтове) свердло* (рис. 4.106). Свердло складається з робочої частини, шийки та хвостовика, Торець свердла, на якому розташовані дві різальні кромки, називається *різальною частиною*.

Робочу частину свердла виготовляють з інструментальної сталі, а *шийку* та хвостовик – із конструкційної: ці елементи з'єднують зварюванням Дрібні ж свердла, як правило, є суцільними.

На робочій частині свердла є два спіральних пера, з'єднані перемичкою. На зовнішній поверхні шліфують вузькі напрямні стрічки. Між перами розташовані спіральні стружкові канавки. Одна зі стінок канавки утворює передню поверхню різального клина свердла. Канавки призначені для відведення стружки з отвору та підведення МОР. Кут нахилу гвинтових канавок до осі свердла  $\omega = 20\text{--}30^\circ$ . Торці пер за різальною частиною називаються *затилками*. На перетині затилків з перемичкою є поперечна кромка, яка утворює кут  $\psi = 55^\circ$  з різальними кромками.

Свердло, кут між різальними кромками якого  $2\phi = 118\text{--}120^\circ$ , призначене для оброблення сталі та чавуну. Оброблення інших матеріалів виконується свердлами зі спеціальною заточкою, значення кута  $2\phi$  залежить від матеріалу, що обробляється (рис. 4.107).

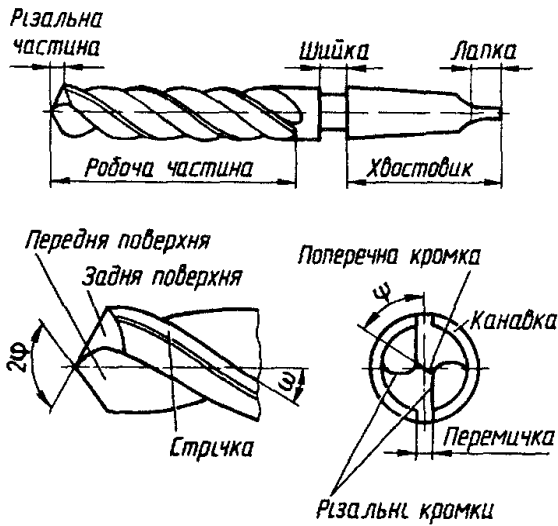


Рис. 4.106. Частини й елементи спірального свердла:

$\Psi$  - кут нахилу поперечної кромки;  $\omega$  - кут нахилу стружкової канавки;  $2\phi$  - кут при вершині

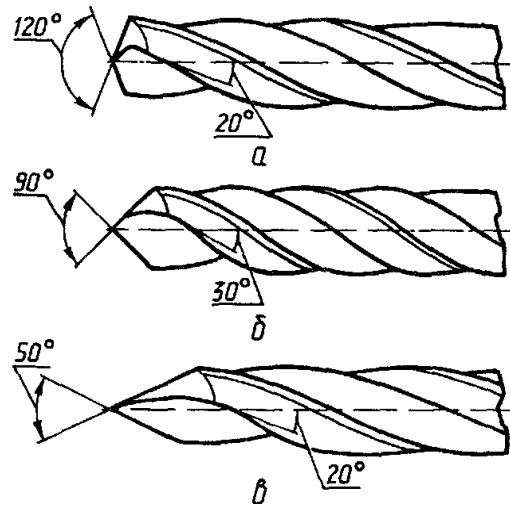


Рис. 4.107. Свердла зі спеціальною заточкою для оброблення:

а - твердого чавуну й нержавіючої сталі; б - легких сплавів; в - пластмас

Затилкам свердла під час заточування надають криволінійної форми, що забезпечує сталий задній кут по всій довжині різальної кромки свердла. Для такого заточування свердло притискають до шліфувального круга й одночасно водять ним по дузі кола (рис. 4.108, а).

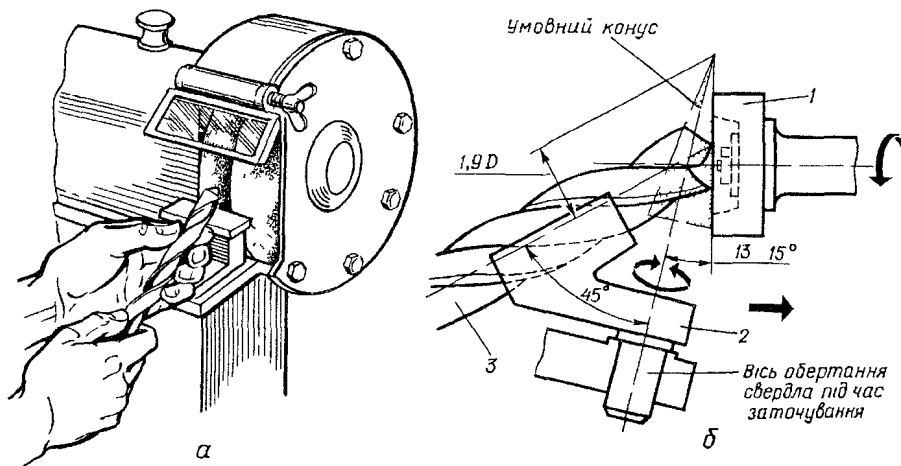


Рис. 4.108. Заточування свердла:

а - на точилі; б - на спеціальному свердлозагострювальному верстаті; 1 - шків; 2 - шаблон; 3 - свердло

Високопродуктивне й точне заточування свердел здійснюють на спеціальних свердлозагострювальних верстатах (рис. 4.108, б). Під час заточування спеціальними шаблонами контролюють кут  $2\phi$  – кут на різальному клині, який має дорівнювати  $60^\circ$ , і кут нахилу поперечної кромки ( $\psi = 55^\circ$ ), а також довжину різальних кромки (рис. 4.109).

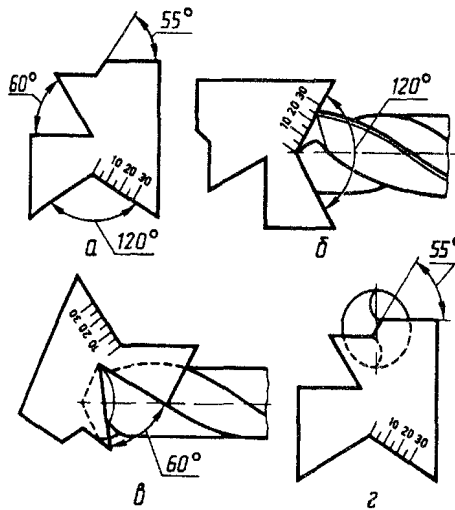


Рис. 4.109. Схема контролю геометрії свердла шаблонами

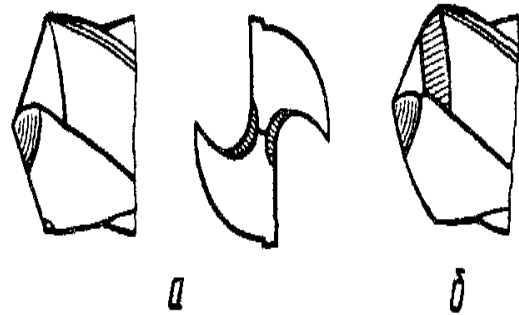


Рис. 4.110. Форми раціонального підточування свердла:  
*а* - одинарна з підточеною перемичкою (форма нормального підточування НП); *б* - подвійна з підточеною перемичкою (форма додаткового підточування ДП)

Щоб зменшити опір різанню під час свердління, свердла діаметром понад 12 мм підточують по перемичці вузьким шліфувальним кругом (форма НП на рис. 4.110, *а*). Ділянки різальних крамок на периферії свердла працюють в умовах найвищої швидкості різання, але через невелику масу погано відводять тепло, що може спричинити перегрівання свердла і навіть заклинювання його в отворі. Поліпшення умов роботи свердла з великим діаметром досягають подвійним заточуванням затилків (форма ДП на рис. 4.110, *б*). Поєднання подвійного заточування з підточуванням перемички підвищує стійкість свердла вдвічі.

Щоб забезпечити надійне ламання стружки під час свердління в'язких сталей, на затилках свердел або по дну стружкових канавок (рис. 4.111) вишліфовують неглибокі (до 2 мм) *стружколамні канавки*.

Свердління твердого матеріалу виконують свердлами, оснащеними пластинкою або коронкою з твердого сплаву (рис. 4.112). Твердосплавні свердла діаметром до 8 мм виготовляють суцільними й упаюють їх у сталевий хвостовик (рис. 4.113).

Закріплюють свердла в пінолі задньої бабки або у спеціальній державці за хвостовик, який може мати як циліндричну, так і конічну форму. Конічні хвостовики виконують за стандартом (конуси Морзе № 1–5, їх розміри подаються в довіднику), кут похилу конуса має становити  $1^{\circ}26'$ , що запобігає їх прокручуванню. Якщо розмір конуса хвостовика свердла відрізняється від розміру (номера) конусного отвору пінолі задньої бабки, то застосовують перехідні втулки (рис. 4.114).



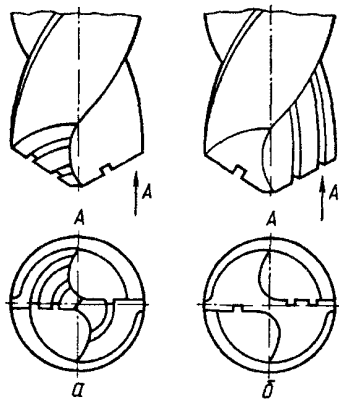


Рис. 4.111. Стружколаміні канавки свердла на поверхнях: а - задній; б - передній

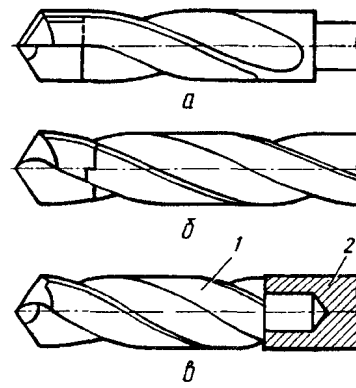


Рис. 4.112. Твердосплавні свердла: а - з упаяною пластинкою; б - з припаяною коронкою; в - суцільне твердосплавне: 1 - робоча частина, 2 - хвостовик

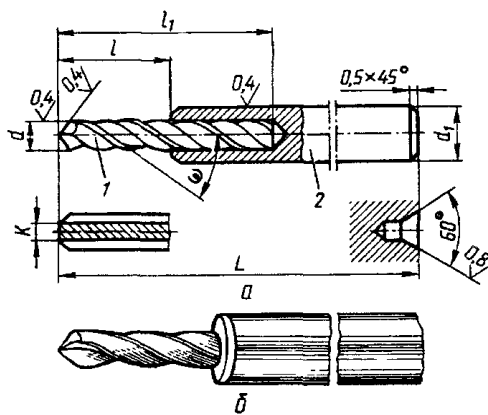


Рис. 4.113. Твердосплавне суцільне спіральне свердло: а - креслення; б - загальний вигляд; 1 - цілісна твердосплавна спіральна коронка; 2 - оправка

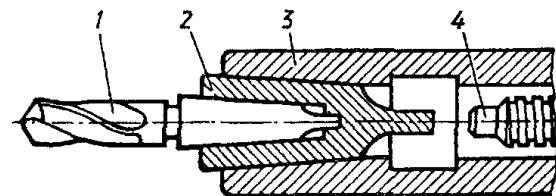


Рис. 4.114. Закріплення свердла через перехідну втулку: 1 - свердло; 2 - перехідна втулка; 3 - піньоль; 4 - гвинт пінолі

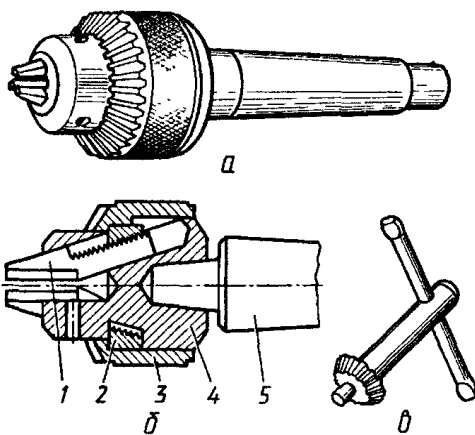


Рис. 4.115. Патрон для закріплення свердла: а - загальний вигляд; б - розріз: 1 - кулачок; 2 - кільце (гайка) з різьбою; 3 - обойма; 4 - корпус; 5 - хвостовик; в - ключ

Свердла із циліндричними хвостовиками закріплюють за допомогою свердлильного патрона (рис. 4.115): у скісних пазах корпусу 4 патрона є три кулачки 1 із зовнішньою різьбою. На різьбу нагвинчується гайка 2, зв'язана з обертовою обоймою 3, зубчастим ключем, який вставляють в отвір корпусу. Гайка, діючи на різьбу кулачків, примушує їх переміщуватися по скісних пазах корпусу і при цьому сходиться, закріплюючи свердло, або ж розходиться, звільняючи його.

### 4.3.3. Процес свердління

Під час свердління на токарному верстаті свердло, закріплене в пінолі задньої бабки, подають до деталі, що кріпиться в патроні, вручну обертаючи маховичок - без будь-яких додаткових важелів (рис. 4.116). Для верстата КА-280 максимальний діаметр свердління по сталі становить 25 мм, по чавуну – 28 мм. Проте свердління отворів ручною подачею є малопродуктивним і потребує значного фізичного зусилля токаря. Тому до комплектів деяких сучасних верстатів (наприклад, 16К20, КА-280) додають спеціальну державку для свердел, яку встановлюють в одній з позицій різцетримача (рис. 4.117). Осі свердла та шпинделя суміщають переміщенням поперечних полозків супорта до візира з рикою на каретці. За допомогою такої державки здійснюють автоматичну подачу свердла.

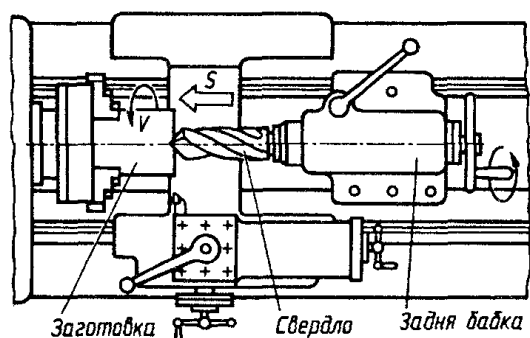


Рис. 4.116. Свердління на токарному верстаті подачею вручну: 1- задня балка; 2 – свердло; 3 - заготовка

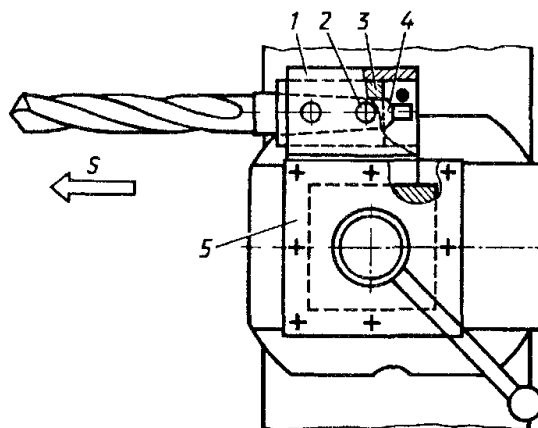


Рис. 4.117. Державка для стержневих інструментів (верстат КА-280): 1 – державка; 2 - стопорний гвинт втулки; 3 - втулка з інструментальним конусним отвором; 4 - хвостовик інструмента; 5 - різцетримач

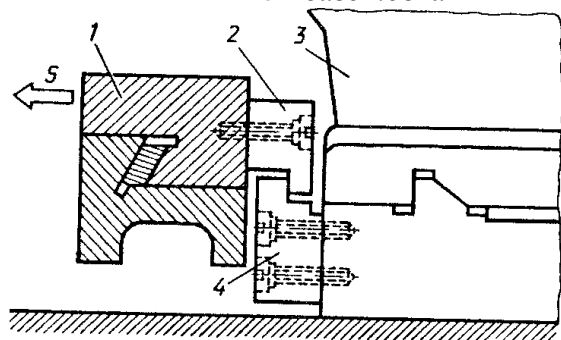


Рис. 4.118. Схема прив'язування супорта до задньої бабки: 1 - поперечні полозки супорта; 2 - замок каретки супорта; 3 - задня бабка; 4 - замок задньої бабки

Для запобігання зміщенню свердла, на початку свердління торець заготовки засвердлюють коротким свердлом (рис. 4.119), діаметр якого перевищує розміри отворів, що мають просвердлюватися. Важливо, щоб перед свердлінням торець заготовки був підрізаний, тобто щоб його поверхня була перпендикулярною до осі.

Над пазом різцетримача, в якому закріплюють державку, ставлять мітку, для того щоб надалі державку завжди встановлювати в цій позиції, забезпечуючи необхідну співвісність.

Подібну державку можна виготовити і для будь-якого іншого токарного верстата.

Деякі верстати мають пристрій для прив'язування супорта до задньої бабки. Після такого прив'язування задня бабка разом зі свердлом рухатиметься автоматично вслід за супортом (рис. 4.118).



Рис. 4.119. Засвердлювання торця заготовки

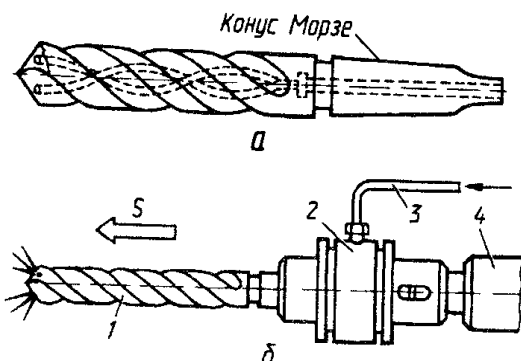


Рис. 4.120. Свердло з внутрішніми каналами підведення охолодної рідини: а - загальний вигляд; б - схема кріплення свердла у спеціальному патроні; 1 - свердло; 2 - патрон; 3 - шланг для підведення МОР; 4 - піноль задньої бабки

Охолодна рідина під час свердління на токарному верстаті подається безпосередньо в отвір, що обробляється.

У конструкції деяких свердел передбачені внутрішні канали для підведення мастильно-охолодної рідини безпосередньо до лез свердла. Таке свердло кріпиться у спеціальному патроні, куди надходить рідина від охолоджувальної системи верстата - через насос або трубопровід (рис. 4.120).

Задану довжину свердління (глибину отвору) контролюють за поділками на пінолі або за крейдяною міткою на свердлі, а також за допомогою обмежувальної втулки (рис. 4.121, а) чи індикатора (рис. 4.121, б), який закріплюється на пінолі задньої бабки. Індикатор настроюють за еталонною деталлю, що забезпечує точність контролю глибини отвору до 0,01 мм.

На практиці часто доводиться свердлити глибокі отвори, довжина яких перевищує діаметр у кілька разів (наприклад, наскрізний осьовий отвір у шпинделі токарного верстата, осьові отвори в прокатних валках). Це так зване *глибоке свердління*. Для свердління глибоких отворів застосовують особливі свердла: гарматні, шнекові та чотирьохстрічкові.

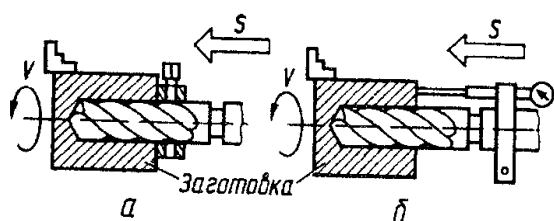


Рис. 4.121. Контроль глибини отвору під час свердління: а - за допомогою обмежувальної втулки; б - за індикатором

*Гарматне свердло* (рис. 4.122, а) зручно спрямовується в отвір завдяки великій поверхні стикання його спинки з оброблюваною поверхнею отвору.

Мастильно-охолодна рідина, що від насоса надходить у спеціальний патрон, а звідти - наскрізним каналом у свердлі до різальної кромки, охолоджує її і примусово видаляє стружку.

*Шнекове свердло* (рис. 4.122, б) має круті спіральні канавки, завдяки чому збільшується загальна поверхня стикання з отвором напрямних стрічок на спинках його периметра.

Чотири однакові стрічки *чотирьохстрічкового свердла* (рис. 4.122, в) забезпечують збільшене й рівномірне відведення тепла від свердла, а також надійне напрямлення свердла в отвір.

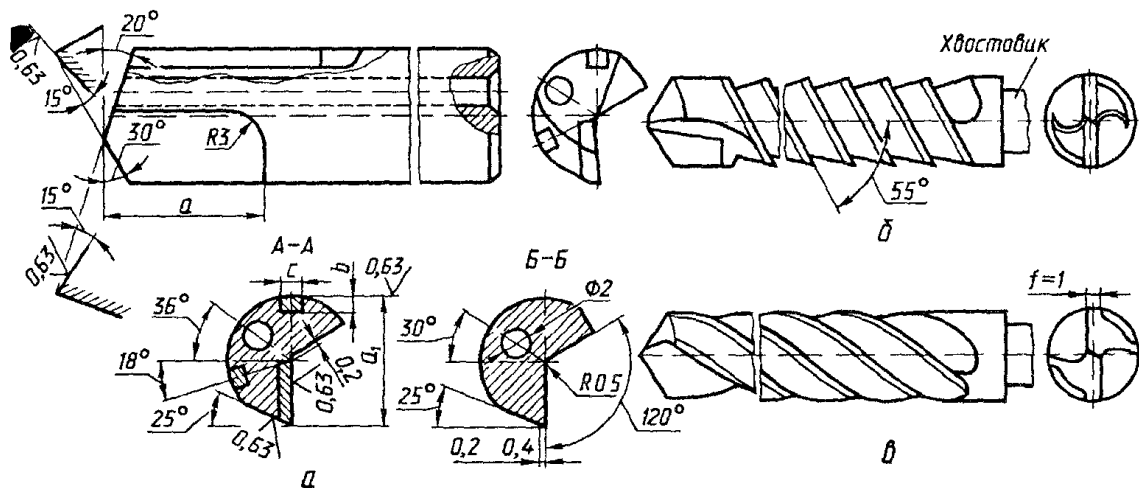


Рис. 4.122. Свердла для глибокого свердління:  
а – гарматне; б – шнекове; в – чотирьохстрічкове

Підвищену жорсткість мають свердла для глибокого свердління зі стовщеними перемичками в бік хвостовика (рис. 4.123).

Для запобігання зміщенню свердла під час глибокого свердління, а також для очищення його від стружки та охолодження, інструмент потрібно час від часу виводити з отвору. Глибина отвору поділяється на відрізки, довжина яких не перевищує чотирьох діаметрів свердла. Наприклад, якщо діаметр свердла становить 10 мм, а глибина отвору – 120 мм, то слід передбачати два проміжних виведення свердла, а саме, через 40 і 80 мм робочого ходу.

Рекомендується свердлити глибокі отвори спочатку коротким (а, отже, й більш жорстким) свердлом, а потім – довгим. Прискорює виведення свердла з глибокого отвору спеціальна байонетна оправка (рис. 4.124).

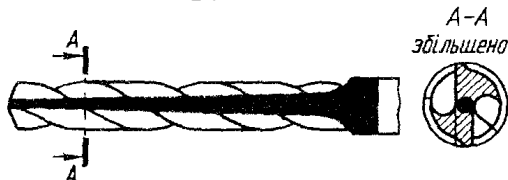


Рис. 4.123 Стовщення перемички свердла для глибокого свердління в бік хвостовика

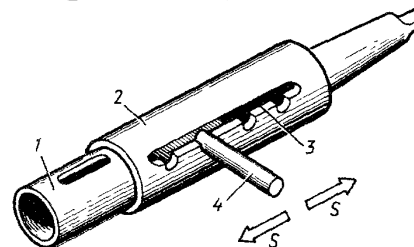


Рис. 4.124. Байонетна оправка для глибокого свердління:  
1 – пінолі; 2 – корпус;  
3 – проріз; 4 – рукоятка

Через різке зменшення зусилля опору свердлінню в момент виходу поперечної кромки свердло миттєво подається вперед, знімання металу зростає, що може призвести до поломки інструмента. Тому перед закінченням свердління слід зменшити подачу та від механічної подачі перейти на ручну. Отвори великого діаметра (понад 30 мм) обробляють послідовно двома свердлами: спочатку працюють свердлом меншого діаметру, а потім розсвердлюють отвір на більший діаметр. Отвори великого діаметра в суцільному металі замість свердління вирізають кільцевим свердлом методом „трепанування”. Таке свердло являє собою трубку з різальними зубцями на

торці. Утворений стержень (кern) потрапляє всередину свердла (рис. 4.125). Іноді для свердління отворів малого діаметра (до 8 мм) частоти обертання шпинделя навіть найвищого ступеня не вистачає, щоб забезпечити оптимальну швидкість різання (особливо коли працюють свердлом із твердого сплаву). У цьому разі застосовують нескладний пристрій, який називається серга (рис. 4.126), що має самостійний малогабаритний електродвигун. Пристрій кріпиться на пінолі задньої бабки. Подача ручна - від маховичка задньої бабки.

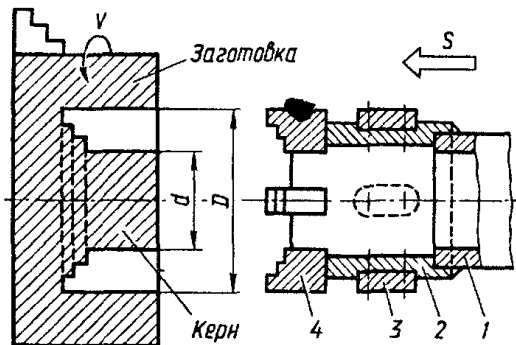


Рис. 4.125. Кільцеве („трепануюче”) свердло: 1 - трубчастий подовжувач; 2 - трубчастий корпус; 3 - твердосплавна напрямна вставка; 4 - вставний зубець

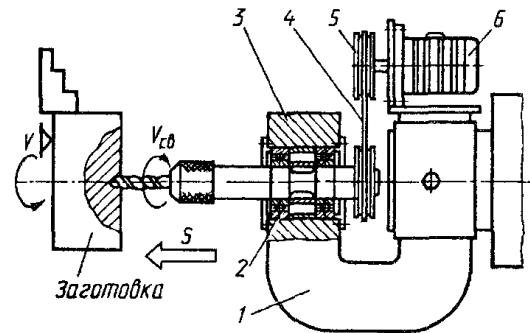


Рис. 4.126. Пристрій до токарного верстата для свердління отвору малого діаметра: 1 – серга; 2 – підшипник; 3 – шпиндель; 4 - пасова передача; 5 – косинець; 6 – електродвигун

Режими різання, які вибирають для свердління, залежать від технічної ерудиції токаря. Більшої впевненості щодо правильності вибору режимів надає користування довідником, до чого верстатникові потрібно звикати з перших кроків робочої діяльності. Зазначимо тільки, що для глибокого свердління швидкість різання та значення подачі занижують проти табличних на 20–30 %.

На леза свердла, так само як і на леза різця, діють три сили: сила різання  $P_z$ , осьова сила  $P_x$  та радіальна  $P_y$ , які треба враховувати, вибираючи режими різання та виконуючи практично процес свердління.

#### 4.3.4. Неполадки, що виникають у процесі свердління, та способи їх усунення

##### Причини

##### Способи усунення

##### Поломка свердла на виході з отвору

У той момент, коли поперечна кромка свердла в умовах подачі виходить з тіла заготовки (деталі), різко зменшується сила опору різанню. Люфт (зазор) між зубцями рейкової шестерні механізму подачі вибирається, і шпиндель здійснює

Пригальмовувати ручну подачу маховичком: механічну подачу потрібновимикати за 2–3 мм до виходу поперечної кромки свердла. Цей розмір контролюється за допомогою лінійки і обмежувальної втулки або індикатора (див. рис.

"стрибок" до деталі. При цьому леза (4.121) працюють з підвищеною подачею, що й спричиняє поломку свердла.

Відлиті заготовки можуть мати порожнечу (раковину), а поковки – „свищі” та „закови”.

Завдання цехової адміністрації – забезпечити поставку якісних заготовок.

#### *Поломка свердла на вході в заготовку*

Завищені режими різання під час попередньої операції зумовили наклеп обробленої поверхні. Якщо площина оброблюваної деталі не перпендикулярна до осі отвору («скіс»), то починає врізуватися одне лезо і радіальна сила  $P^r$  від цього леза, відтискуючи свердло, може його зламати.

Звернути увагу майстра на брак від попередньої токарної операції.

#### *Поломка свердла під час свердління*

Довжина свердління (глибина отвору) є меншою, ніж довжина робочої частини. Стружка накопичується у канавках, спресовується.

Перед початком операції свердлувальник повинен вибрати свердло з відповідною довжиною робочої частини.

#### *Причини*

#### *Способи усунення*

#### *Поломка свердла під час свердління*

Велике навантаження на леза у процесі свердління отворів великого діаметра (понад 30 мм).

Потрібно розділити операцію на два переходи: спочатку свердлити отвір свердлом меншого діаметра ( $d_1 = 0,5d$ ), а потім розсвердлювати його на більший діаметр.

#### *Підвищена шорсткість просвердленого отвору*

Затупилися леза свердла. Переповнюється стружкою стружкова канавка.

Свердло потрібно переточити. Забезпечити надійне стружколамання, регулярне видалення стружки тощо.

Швидко виводиться свердло з отвору або ж воно виводиться лише тоді, коли вимкнено обертання.

Виводити свердло ручною подачею повільно, не вимикаючи обертання шпинделя.

### **4.3.5 Розточування отворів**

Поширена токарна операція розточування виконується для збільшення діаметра й забезпечення високої точності розміру заздалегідь просвердлених отворів або отворів, утворених під час лиття чи кування заготовок. Розточування – це найуніверсальніший спосіб оброблення отворів, оскільки не

потребує спеціальних інструментів. Розточуванням досягається точність оброблення до 8–10-го квалітетів і ступінь шорсткості поверхні 6-го класу, причому, положення осі отвору можна поправити.

Розрізняють *розточувальні різці* прохідні – для наскрізних отворів (рис. 4.127, а) та упорні - для глухих отворів (рис. 4.127, б). Розточувальні різці закріплюють у різцетримачі паралельно осі заготовки. Щоб головка різця „вписувалася” в оброблюваний отвір, задній кут розточувального різця має бути більшим, ніж кут різця для зовнішнього точіння ( $\alpha = 12\text{--}16^\circ$ ).

Розточувальний упорний різець з механічним кріпленням трьохлезової не-переточуваної твердосплавної пластинки зображено на рис. 4.128.

Раціональну конструкцію розточувального різця з ромбічною пластинкою показано на рис. 4.129.

Отвори, діаметр яких має дорівнювати понад 40 мм, здебільшого розширюють розточувальними різцями, які закріплюють в оправці. Зручною є конструкція *універсальної розточувальної оправки* з регульованим вильотом (рис. 4.130, а). Оправку 4 закріплюють у допоміжному тримачі 1, встановленому в різцетримачі супорта. Різець кріпиться в оправці за допомогою стержня, що проходить по осьовому отворі оправки. На поверхні оправки профрезеровано канавку (нахил 1:300), по якій МОР потрапляє безпосередньо на різець. Таку оправку використовують також для виточування внутрішніх канавок і нарізування внутрішньої різьби, застосовуючи відповідні різці.

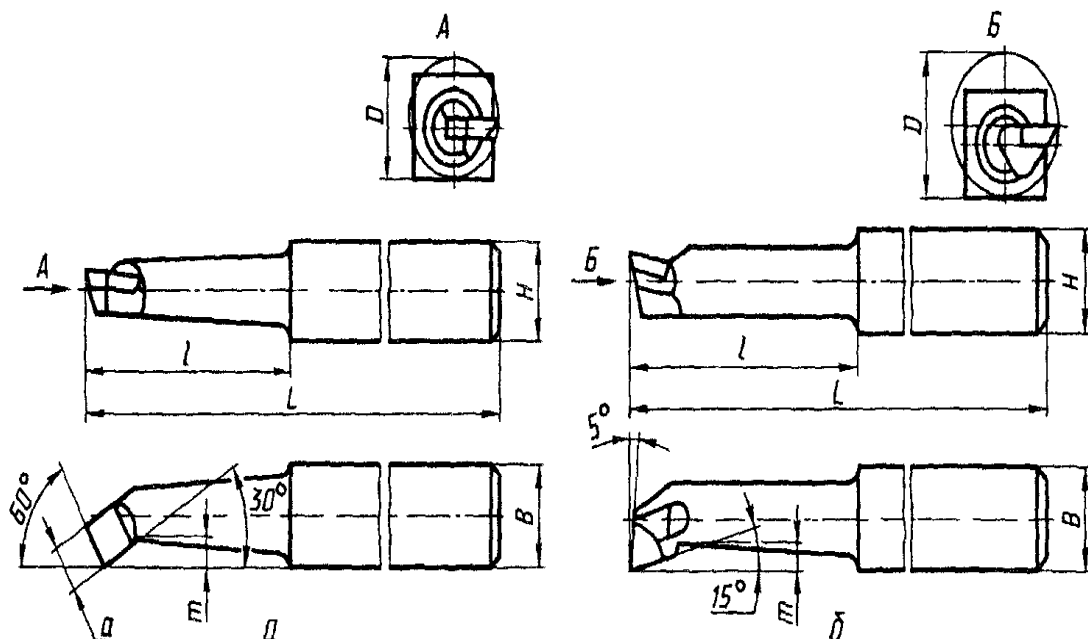


Рис. 4.127. Стандартні твердосплавні напайні розточувальні різці для отворів: а – наскрізних; б - глухих

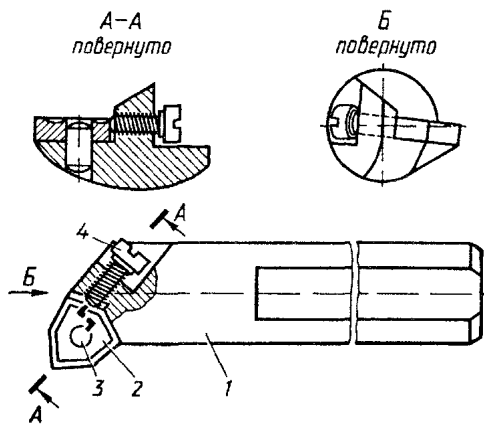


Рис. 4.128. Розточувальний різець з механічним кріпленням трилезової попереточуваної твердосплавної пластинки: 1- державка; 2 -твердосплавна пластинка; 3 - штифт; 4 - гвинт

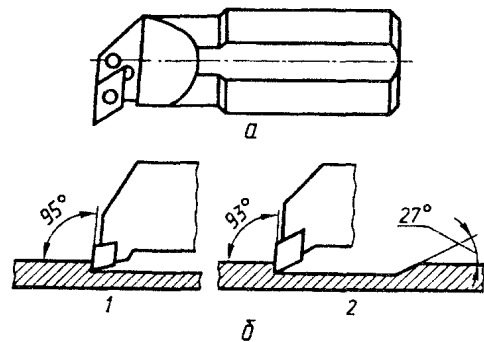


Рис. 4.129. Розточувальний різець з механічним кріпленням ромбічної непереточуваної твердосплавної пластинки: а - загальний вигляд; б - типові схеми розточування: 1 - з підрізуванням уступу; 2 - з врізуванням у широку канавку під кутом

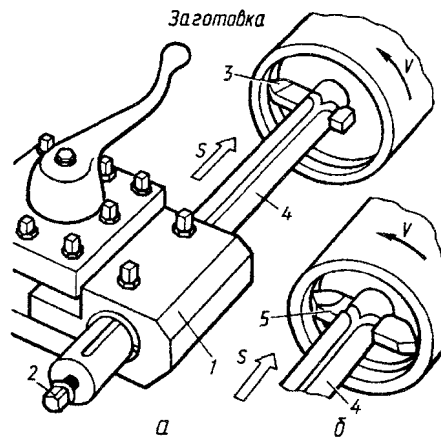


Рис. 4.130. Універсальна розточувальна оправка до токарного верстата: а - розточування прохідним різцем; б - розточування мірною пластиною: 1 - допоміжний тримач; 2 - гвинт; 3 - прохідний різець; 4 - оправка; 5 - мірна розточувальна пластинка

Розмір вильоту вставного різця з оправки контролюють за допомогою накладного індикаторного пристрою (рис. 4.131, а) або (поза верстатом) на спеціальному контрольному стенді (рис. 4.131, б).

Для розточування використовують також дволезовий інструмент – розточувальну пластину, розмір якої дорівнює діаметрові оброблюваного отвору. За допомогою пластини отримують отвір правильної циліндричної форми за один робочий хід, оскільки зусилля, що діють з обох сторін, взаємно зрівноважуються. Мірні розточувальні пластини можуть бути суцільними (зі швидкорізальної сталі) і напайними, оснащеними твердосплавними пластинками.



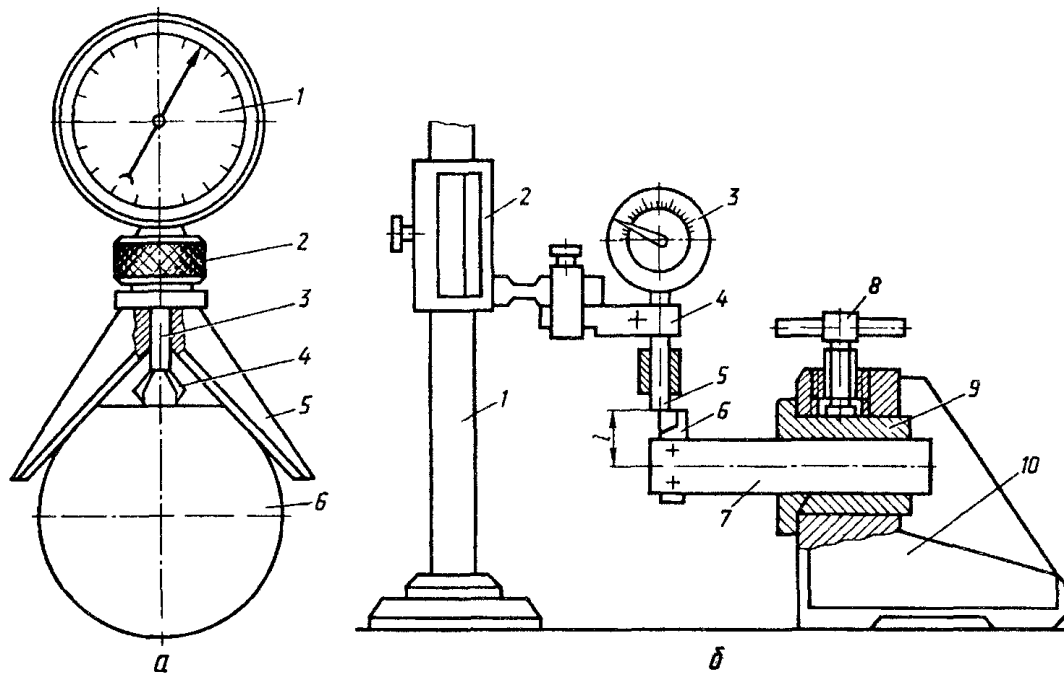


Рис. 4.131. Способи контролю вильоту вставного різця з розточувальної оправки: а - контроль вильоту різця за допомогою накладного індикаторного пристрою: 1 - індикатор годинникового типу; 2 - втулка; 3 - щуп індикатора; 4 - вставний різець; 5 - призма; 6 - оправка; б - контроль вильоту різця з оправки на контрольному стенді: 1 - стояк, 2 - рамка з ноніусом для попереднього налагодження; 3 - індикатор; 4 - держак індикатора; 5 - щуп індикатора, 6 - вставний розточувальний різець; 7 - розточувальна оправка; 8 - затискний гвинт; 9 - розрізна втулка; 10 - корпус стенда

Високу ефективність розточування забезпечують розточувальні пластини з двома чотирилезовими твердосплавними пластинками (рис. 4.132). Розточувальну пластину закріплюють у гнізді розточувальної оправки (див. рис. 4.130, б).

Для розточування отворів в умовах важких режимів застосовують розточувальні різці конструкції В. К. Семинського з жорсткою державкою квадратного перерізу (рис. 4.133). Такий різець кріпиться в призмах, його виліт регулюється висуванням державки з призм.

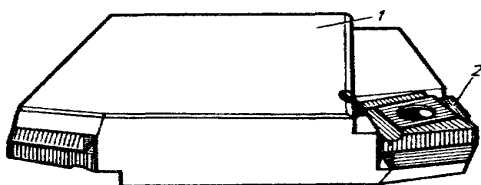


Рис. 4.132. Мірна розточувальна пластинка з механічним кріпленням чотирилезових твердосплавних пластинок: 1 - корпус; 2 - непереточувана твердосплавна пластинка

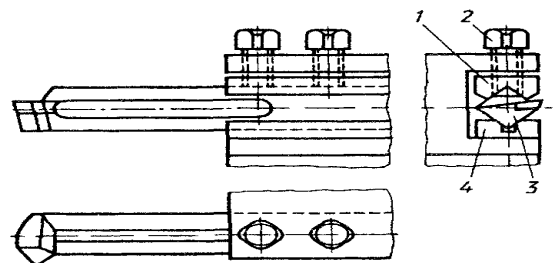


Рис. 4.133. Жорсткий розточувальний різець В. К. Семинського: 1 - притискна планка; 2 - болт різцетримача; 3 - різець; 4 - підкладка-призма

Задану глибину розточуваного отвору контролюють за допомогою штангенглибиноміра, лінійки чи шаблона або ж лімба поздовжньої подачі. Для полегшення контролю глибини отвору на різець наносять риску, допомагає також металева планка (плоский упор) чи планка з роликом, закріплена в різцетримачі (рис. 4.134).

Точність діаметра розточуваного отвору забезпечується пробними проходками з вимірюванням штангенциркулем або налагодженням за лімбом поперечної подачі, за лінійкою поперечних ползків супорта та за поперечним упором. Рекомендовані режими розточування наводяться в довіднику.

Внутрішні торці та уступи підрізають розточувальним упорним різцем за поперечної подачі (до центра). Для цього головний кут у плані різця має бути понад  $90^\circ$  (наприклад,  $\varphi = 95^\circ$ ), тоді для підрізування торця (дна) отвору чи уступу фактичний головний кут у плані має становити  $5^\circ$  (рис. 4.135). Внутрішні канавки бувають прямокутні, трапецеїдальні та фасонні (як правило, радіусні). Для проточування їх застосовують суцільні та вставні (державкові) різці. Геометрія робочої частини внутрішнього канавкового різця така сама, як і в прорізних зовнішніх різцях (рис. 4.136). Зони виточування канавки токар бачити не може, тому повинен користуватися лімбами та упорами.

Широку внутрішню канавку (виточку) обробляють за кілька врізувань різця на глибину канавки поперечною подачею та зачищенням утвореного дна поздовжньою подачею. Ширину канавки в отворі та відстань від торця заготовки до канавки або ж від торця до уступу (довжину виточки) контролюють за допомогою лінійки, штангенциркуля, шаблонів (див. рис. 4.88). Діаметр виточок вимірюють за допомогою штангенциркуля зі спеціальними губками (рис. 4.137.): додаючи до прочитаного на ноніусі розміру  $A$  подвоєну товщину губок  $B$ .

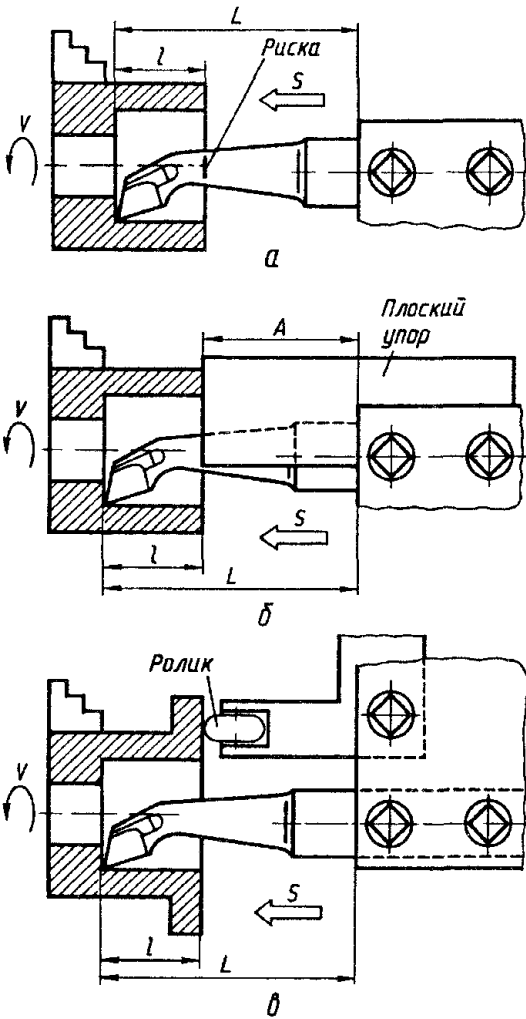


Рис. 4.134. Контроль глибини отвору в процесі розточування за допомогою:  
 а - риски на різці; б - плоского упору; в - роликового упору;  $l$  - виліт різця;  
 $L$  - глибина розточування

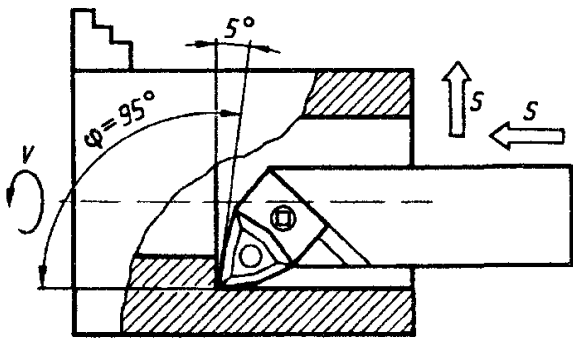


Рис. 4.135. Кути в плані під час роботи розточувальним упорним різцем за поздовжньої ( $\varphi = 95^\circ$ ) і поперечної ( $\varphi = 5^\circ$ ) подач

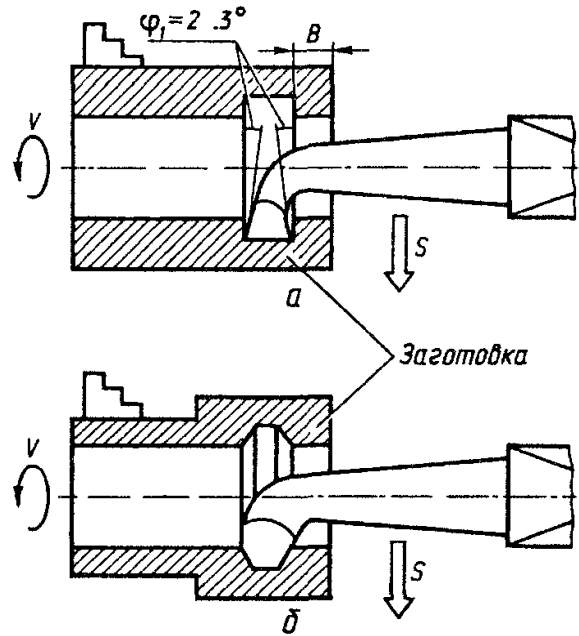


Рис. 4.136. Виточування внутрішніх канавок: а - прямокутної; б - трапецеїдальної (підсальник)

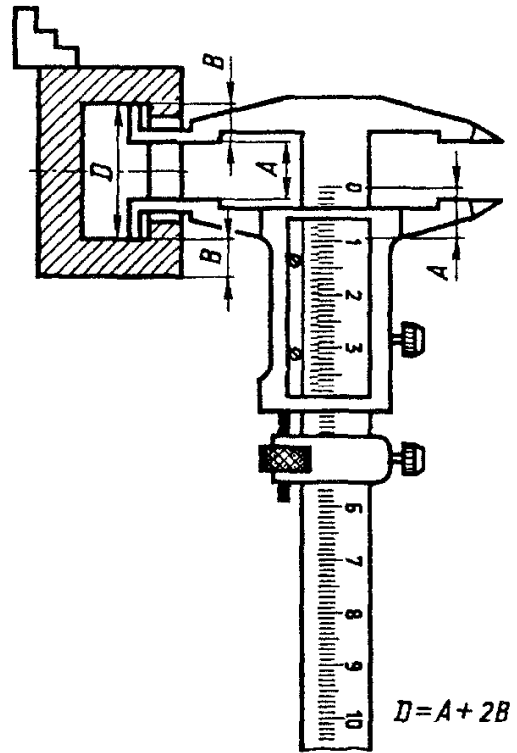


Рис. 4.137. Контроль діаметра виточки штангенциркулем зі спеціальними губками

### 4.3.6. Зенкерування

Просвердлені отвори або отвори у відливках чи поковках зенкують, досягаючи при цьому точності оброблення до 9-го квалітету та ступеня шорсткості поверхні 6-го класу. Інструмент для зенкерування – зенкер – не виправляє осі отвору: якщо до зенкерування отвір має биття відносно осі, то й після зенкерування це биття залишиться.

Розрізняють зенкери *хвостові й насадні, суцільні й складні* (зі вставними ножами), *швидкорізальні й твердосплавні* (рис. 4.138), а за кількістю працюючих пер – *трьох- й чотирьохперові* (рідше використовують двоперові зенкери, їх ще називають *ножами*).

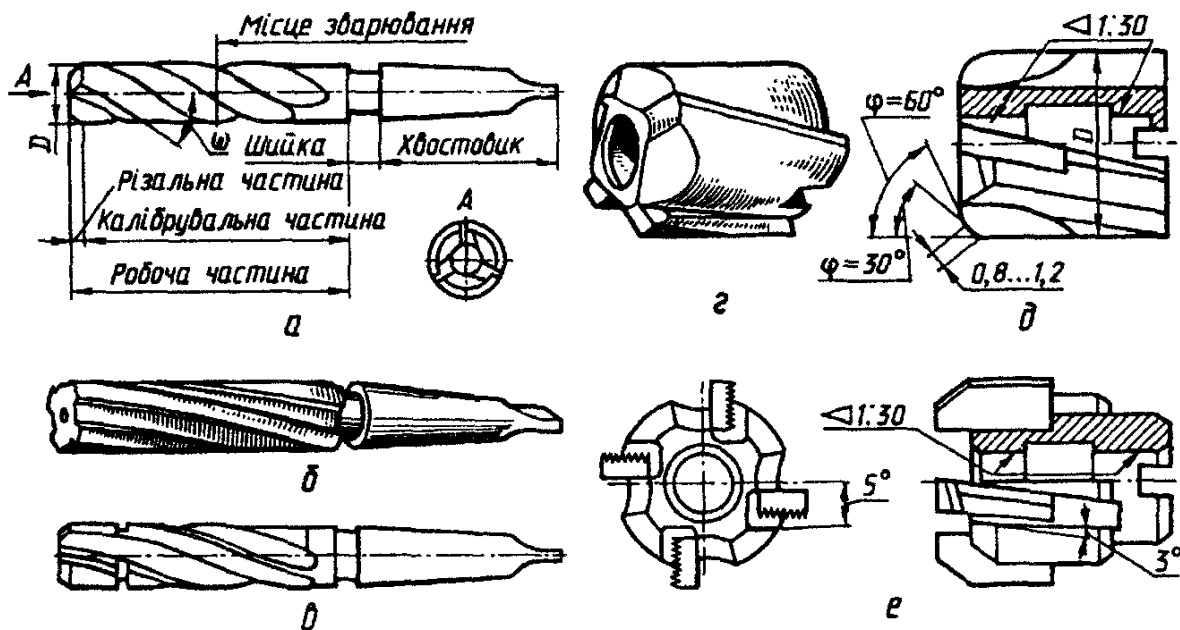


Рис. 4.138. Зенкери:

*а - креслення хвостового зенкера; б - чотирьохперий суцільний швидкорізальний; в - твердосплавний; г - насадний швидкорізальний, д - насадний твердосплавний, е - насадний зі вставними ножами*

У практиці часто застосовують комбінований інструмент - *свердло-зенкер* (рис. 4.139).

Зенкери закріплюють за допомогою конічного хвостовика в пінолі задньої бабки або в державці, що додається до різцетримача. Припуск на зенкерування вибирають у межах 0,5–2 мм на сторону, залежно від діаметра отвору.

Подача  $s$  для зенкерів зі швидкорізальної сталі становить 0,3–1,2 мм/об, для твердосплавних – 0,4–1,5 мм/об; швидкість різання  $v$  при цьому становить відповідно 25–35 і 60–200 м/хв.

Для оброблення фасок і внутрішніх конічних заглиблень (потаєнь) застосовують *зенківку*, яка, на відміну від зенкера, є багатолезовою, тому забезпечує шорсткість поверхні 7-го класу (рис. 4.140). Стандартні зенківки виготовляють з різними кутами робочої частини: 45, 60, 75 і 120°.

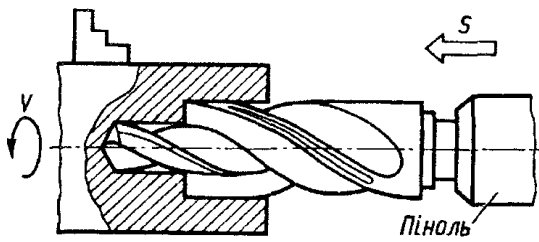


Рис. 4.139. Сверло-зенкер

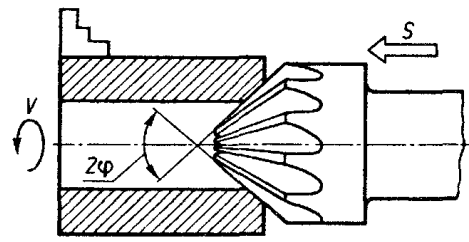


Рис. 4.140. Зенкування фаски отвору

#### 4.3.7. Процес центрування

Вали, як правило, обробляють на токарних верстатах, установлюючи їх центрові отвори на центри. Процес свердління центрових отворів на заготовках називається *центруванням*. У серійному та масовому виробництві вали центрують на спеціальних центрувальних або фрезерно-центрувальних верстатах. За умов малосерійного та одиничного виробництва, центрування виконують на токарному верстаті.

Для центрування коротких заготовок попереднє розмічання їх центрових отворів не потрібне. Центрування здійснюють за допомогою центрувального свердла, яке дає змогу одержати одночасно циліндричний і конічний (типи *A* і *B*) або радіусний (тип *R*) відрізки центрального отвору (рис. 4.141). В окремих випадках центрування здійснюють укороченим спіральним свердлом з подальшим обробленням зенківкою.

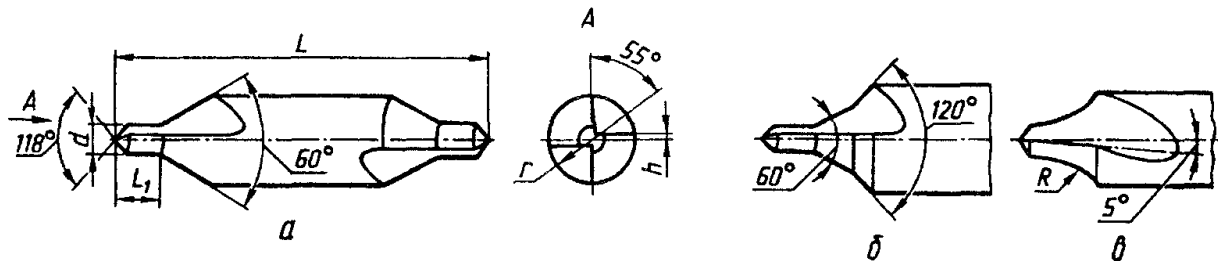


Рис. 4.141. Центрувальні свердла:  
а – тип А; б – тип В; в – тип R

Під час центрування заготовку закріплюють у патроні, а центрувальне свердло – у пінолі задньої бабки (рис. 4.142).

Режим різання для центрування занижують порівняно зі свердлінням, що пояснюється малим діаметром центрувального свердла та необхідністю отримати точний отвір і забезпечити малу шорсткість конусної фаски. Подача для центрування становить 0,02–0,1 мм/об, швидкість різання – 10–12 м/хв.

Якщо згідно з технологічним процесом, центрування включено до операції як перехід, то його можна виконати, застосувавши пристрій з відкидним свердлом (рис. 4.143). Сергу шарнірно розміщують на корпусі обертового центру, прикріплюють до неї патрон із центрувальним свердлом. Після центрування торця вала серга відкидається і конус головки центру вводиться у зацентрований отвір.

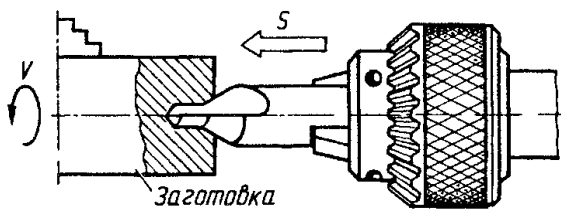


Рис. 4.142. Центрування заготовки вала на токарному верстаті

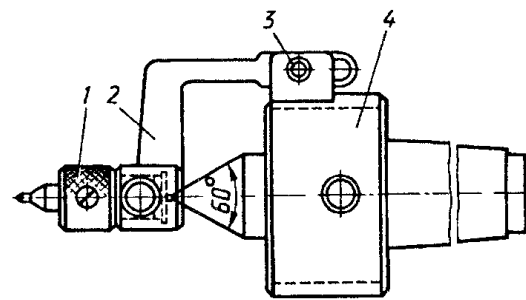


Рис. 4.143. Пристрій з відкидним центрувальним свердлом до обертового центру: 1 – патрон; 2 – відкидна серга; 3 – вісь серги; 4 – обертовий центр

### 4.3.8. Неполадки, що виникають під час центрування торців заготовок валів, та способи їх усунення

#### Причини

#### Способи усунення

*Не витриманий кут конуса центрального отвору, що призводить до прискореного спрацювання головки центру (рис. 4.144, а)*

Неточність конуса центрального свердла. Замінити центрувальне свердло.

*Поломка кінця головки центрального свердла (рис. 4.144, б)*

Немає циліндричної частини центрального свердла. Замінити центрувальне свердло.

*Порушене змащення головки центру (рис. 4.144, в, г)*

Надто велика (в) або надто мала (г) довжина циліндричної частини центрального свердла. Виконувати центрування за граничною відміткою на центральному свердлі або за упором.

*Частина поверхні обточеного вала зачіпається необробленою (рис. 4.144, е)*

Вісь центрального отвору зміщена відносно осі центрального свердла внаслідок зміщення або перекошення заготовки в кулачках патрона. Ретельно вивіряти кріплення заготовки в патроні.

*Порушена надійність кріплення заготовки в центрах Прискорене спрацювання кінця головки центру (рис. 4.144, д)*

Перекошення осі центрального отвору внаслідок перекошення задньої бабки верстата. Перевірити та відрегулювати встановлення й закріплення задньої бабки.

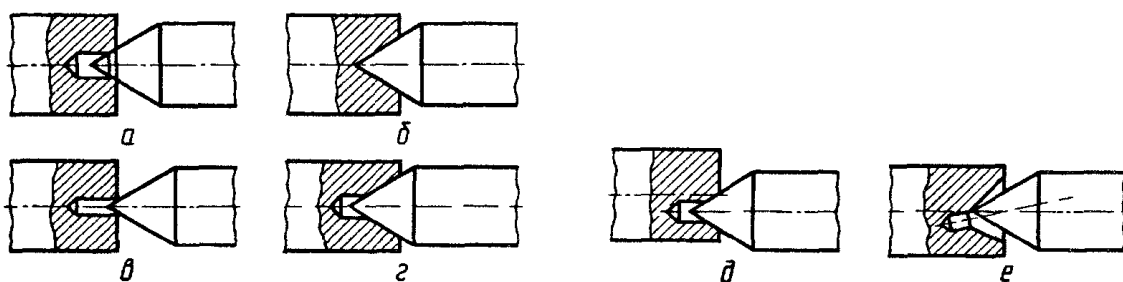


Рис. 4.144. Неполадки, що виникають під час центрування торців заготовки вала

### 4.3.9. Розвертування отворів

Для тонкого чистового оброблення отворів застосовують багатолезові розмірні інструменти – *розвертки*, які забезпечують точність оброблення 6...10-го квалітетів та шорсткість 8-го і 9-го класів. Як і зенкеруванням, розвертуванням не можна усунути биття отвору, що залишилося від попереднього оброблення.

Розрізняють розвертки: *ручні* (слюсарні) і *машинні* (верстатні), *хвостові* (рис. 4.145 і *насадні* (рис. 4.146), *суцільні* й *складені* (зі вставними ножами). Застосовують також регульовані (установлювальні) розвертки, розмір яких можна трохи змінювати. Високу стійкість мають розвертки з твердого сплаву.

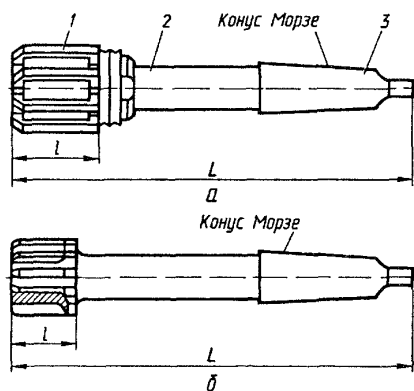


Рис. 4.145. Машинні хвостові розвертки: а - регульована зі вставними ножами; б – твердосплавна; 1 - робоча частина; 2 – шийка; 3 - хвостовик; l - довжина робочої частини, L - загальна довжина розвертки

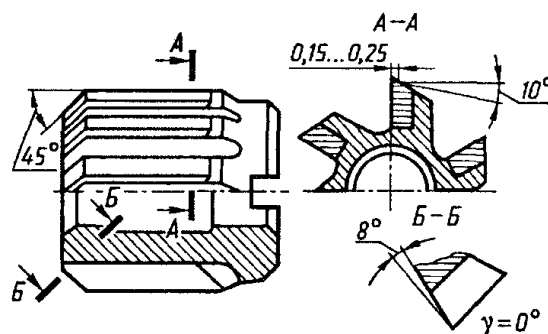


Рис.4.146. Насадна твердосплавна розвертка

Суцільна розвертка складається з робочої частини, шийки та хвостовика. На робочій частині розвертки розрізняють такі елементи: напрямний конус, який полегшує введення розвертки в отвір, різальну частину („забірний конус”) та калібрувальну частину. Хвостовик машинної розвертки є конічним (конус Морзе), а ручної - циліндричним з квадратом під вороток. Насадна розвертка має конусний отвір для закріплення на оправці.

Геометрію розвертки показано на кресленні слюсарної розвертки (рис. 4.147).

*Геометрія розвертки.* Головний кут у плані ф на різальній частині розвертки, призначеної для оброблення чавуну, дорівнює  $4-6^\circ$  і  $12-15^\circ$  – для оброблення сталі (у разі розвертування наскрізних отворів). Зубці на різальній частині гостро заточені, калібрувальна частина має вузькі шліфовані стрічки завширшки  $0,05-0,3$  мм.

Діаметр розвертки, який вимірюють за допомогою стрічок протилежних зубців, відповідає діаметрові оброблюваного отвору. Для полегшення виведення розвертки з отвору на стрічках калібрувальної частини шліфують зворотний конус, при цьому діаметр у напрямку до хвостовика зменшується на  $0,04-0,1$  мм.

Кутовий крок між зубцями розвертки роблять нерівномірним (рис. 4.148). Якщо розвертка містить, наприклад, 12 зубців, то її центральний кут має дорівнювати не  $30^\circ$ , а  $33^\circ$ ,  $33^\circ 30'$ ,  $36^\circ$ ,  $37^\circ 30'$ ,  $39^\circ$ . До того ж кожна пара протилежних зубців має розташовуватися на одному діаметрі, що важливо для контролю розвертки. Нерівномірність кутового кроку сприяє гасінню вібрацій та отриманню отвору без огранки.

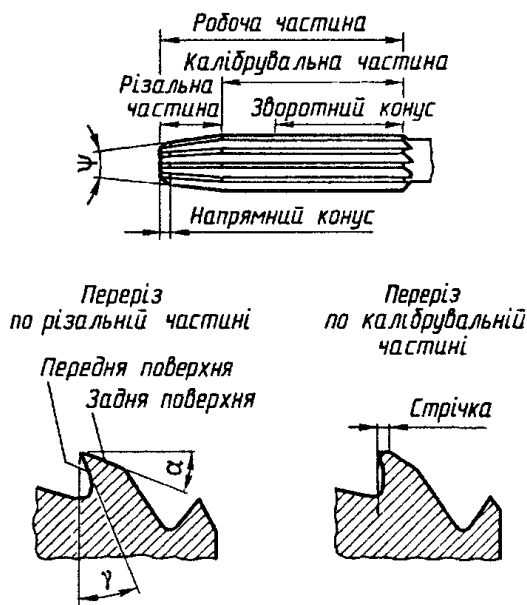


Рис. 4.147. Геометрія розвертки:  
 $\alpha, \gamma$  - відповідно, задній і передній кути на різальній частині

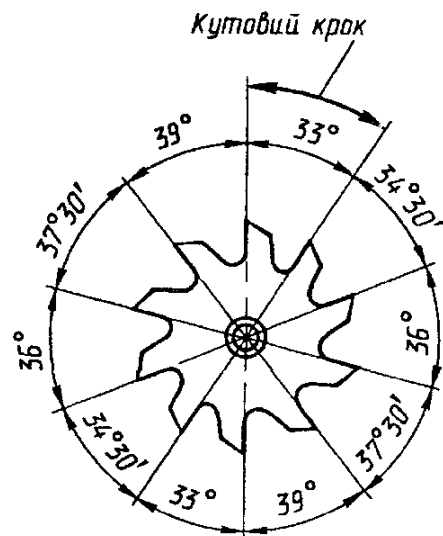


Рис. 4.148. Нерівномірний центральний кут розвертки

Окрім багатолезових розверток, на підприємствах набули застосування так звані *плаваючі розвертки* – пластини здебільшого з двох половинок, що можуть розсовуватися до потрібного розміру. Пластина вільно рухається в пазі оправки і центрується автоматично західними фасками двох протилежних лез (рис. 4.149).



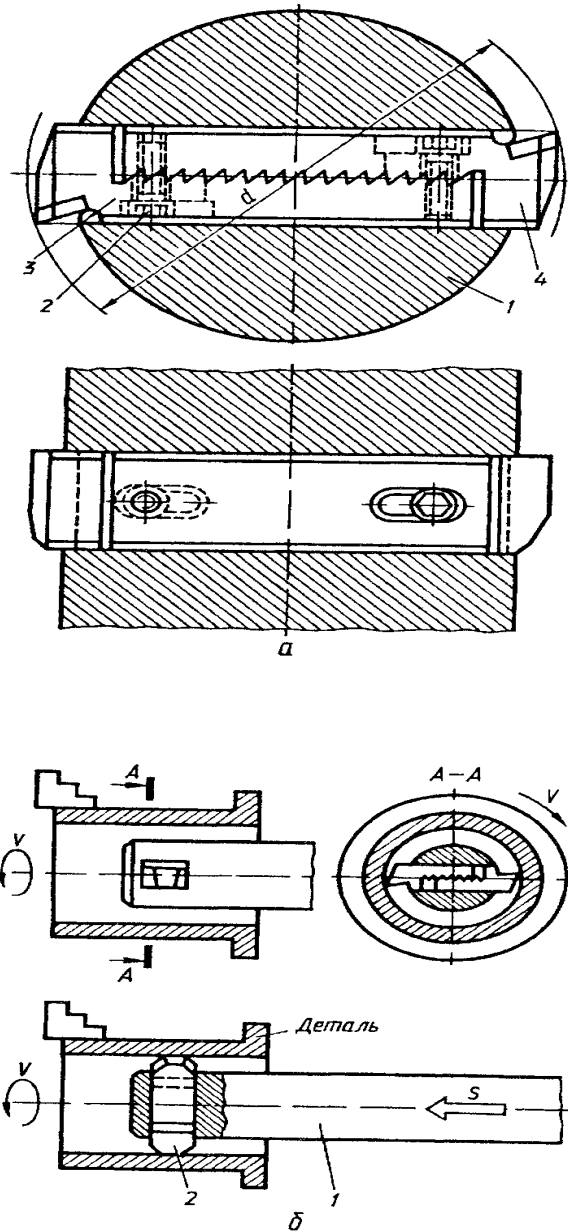


Рис. 4.149. Плаваюча регульована розвертка: а - конструкція збірної плаваючої розвертки: 1 – оправка; 2 - нижня половина плаваючої пластини (А); 3 - верхня половина плаваючої пластини (Б); 4 – гвинт; б - схема застосування плаваючої регульованої розвертки: 1 - оправка, 2 - плаваюча розвертка

Високу якість оброблення забезпечують розвертки зі спіральними (гвинтовими) канавками (рис. 4.150). Ліві гвинтові канавки у процесі правого обертання розвертки (за рухом стрілки годинника) проштовхують стружку вперед: це сприяє поліпшенню якості наскрізного отвору (усувається небезпека пошкодження обробленої поверхні стружкою). Праві гвинтові канавки добре виводять стружку з отвору, тому їх використовують для розвертування глухих отворів.

Перед початком розвертування отвір і розвертку потрібно очистити від бруду та стружки й ретельно протерти.

Якщо розвертка жорстко закріплена в пінолі, у разі розбіжності осей отвору та розвертки виникає "розбивка" отвору (рис. 4.151).

Для забезпечення рівномірного зрізування припуску розвертку треба закріплювати не безпосередньо в пінолі задньої бабки, а за допомогою хитної оправки (рис. 4.152). Корпус оправки встановлюють конусним хвостовиком у пінолі, а саму оправку з вміщеною розверткою зв'язують з корпусом за допомогою шарніра.

Припуск на розвертування залежить від діаметра отвору та оброблюваного матеріалу і дорівнює 0,08–0,2 мм на сторону.

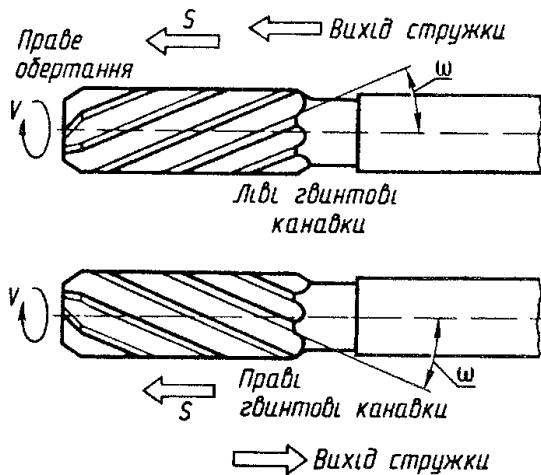


Рис. 4.150. Розвертка зі спіральними (гвинтовими) канавками:  
ω - кут нахилу гвинтової канавки

**Режим різання.** Подача під час розвертування має у два-три рази перевищувати подачу на свердління отвору такого самого діаметра, а швидкість різання повинна бути в два-три рази меншою. Значення подачі не впливає на шорсткість оброблюваного отвору, оскільки шорсткість залежить лише від стану кромки на калібрувальній частині.

Велика швидкість різання під час розвертування призводить до утворення наросту (налипання металу) на різальній кромці розвертки. Зниження ж швидкості усуває явище наростуутворення і забезпечує високу якість оброблення. Розвертування здійснюють із

застосуванням МОР (у разі оброблення сталей - мінеральне мастило, у разі оброблення чавуну - гас). Припуски та режим різання вибирають за довідниками.

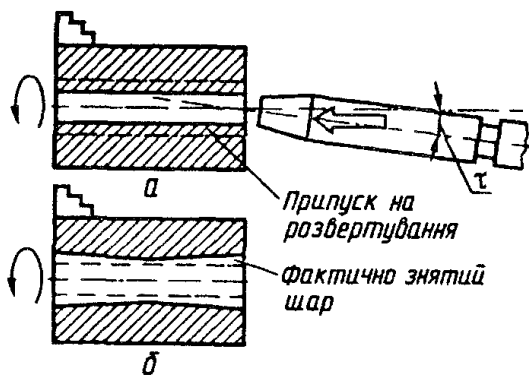


Рис. 4.151. Перекіс розвертки під час розвертування: τ - кут перекоосу осі розвертки відносно осі отвору

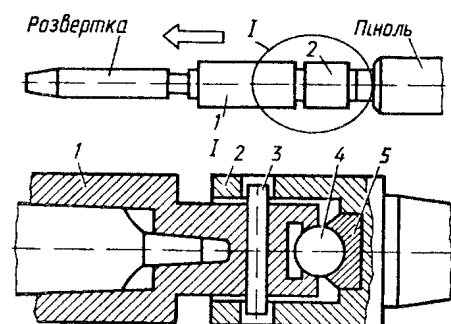


Рис. 4.152. Хитна оправка для розвертки:  
1 - оправка; 2 - корпус; 3 - штифт;  
4 - кулька; 5 - підп'ятник

#### 4.3.10. Неполадки, що виникають у процесі розвертування отворів на токарному верстаті, та способи їх усунення

##### Причини

##### Способи усунення

###### *Відведення осі отвору*

Незбіг осі розвертки та осі отвору внаслідок жорсткого закріплення розвертки. Закріплювати розвертки у хитній або плаваючій оправці (див. рис. 4.152).

##### Причини

##### Способи усунення

###### *Розбивання (збільшення діаметра) отвору*

Підвищена частота обертання, велика амплітуда інерційного хитання розвертки у хитній оправці

Зменшити швидкість різання

Завищений діаметр калібрувальної частини розвертки.

Замінити або перешліфувати розвертку. „Посадити” калібрувальну частину розвертки травленням у суміші кислоти або притиранням її в чавунному отворі (з абразивною пастою).

###### *Огранювання отвору*

Причина огранювання отвору (поява поздовжніх смуг) висвітлена в п. 4.3.8.

Застосувати розвертку з нерівномірним кроком між зубцями (див. рис. 4.148).

###### *Частина поверхні залишається необробленою*

Недостатній припуск на розвертування.

На основі результатів замірювання геометричних розмірів отворів у патроні деталей, що підлягають розвертуванню, відкоригувати розмір отвору. Практично змінити технологічний процес: спочатку свердли, а потім розвертувати отвір в одній деталі. Отримавши позитивний результат, обсвердли (зенкерувати) і розвертувати отвори в усій партії деталей.

###### *Підвищена шорсткість обробленої поверхні*

Зазублини на калібрувальній частині розвертки.

Перед початком операції розвертування оглянути з лупою стан кромки калібрувальної частини розвертки. У разі потреби слід переточити або зашліфувати дрібнозернистим бруском (якщо розвертка твердосплавна - алмазним)

Потрапляння стружки під лезо калібрувальної частини розвертки.

Невідповідність МОР.

дефект на лезі розвертки.

Перед кожним розвертуванням очищати розвертку від стружки і промивати струменем МОР.

Підібрати рекомендовану МОР.

#### Причини

#### Способи усунення

##### *Прискорене спрацювання розвертки по стрічечках*

Занижений припуск на розвертування: леза калібрувальної частини працюють по наклепаній поверхні від попередньої обробки.

Підвищена твердість заготовки.

Вирішити з технологом питання призначення припуску.

Після контролю ВТК забезпечити додаткову термічну обробку партії заготовок.

## 4.4. Нарізування різьб плашками і мітчиками

### 4.4.1. Різьба та її види

У багатьох машинах, обладнанні та приладах застосовуються деталі, що мають нарізні поверхні: кріпильні гвинти та гайки, ходові гвинти для перетворення обертального руху в поступальний, вантажні гвинти (домкрати) тощо. У вимірювальних інструментах і приладах використовують особливо точні мікрометричні гвинти.

*Різьба* або нарізна поверхня утворюється поєднанням обертального та поступального рухів якого-небудь профілю відносно осі.

За формою профілю розрізняють *трикутні, прямокутні, трапецеїдальні, упорні та круглі різьби* (рис. 4.153, а - д).

За напрямком витків різьби бувають: *праві*, коли гвинт угвинчується в гайку в разі обертання за рухом стрілки годинника, *і ліві* (рис. 4.153, е, є).

За кількістю заходів різьби розрізняють також *одно-* та *багатозахідні* (рис.4.154). Багатозахідні різьби мають кілька витків: на торці деталі з такою різьбою рівномірно розташовано кілька гвинтових канавок і виступів .

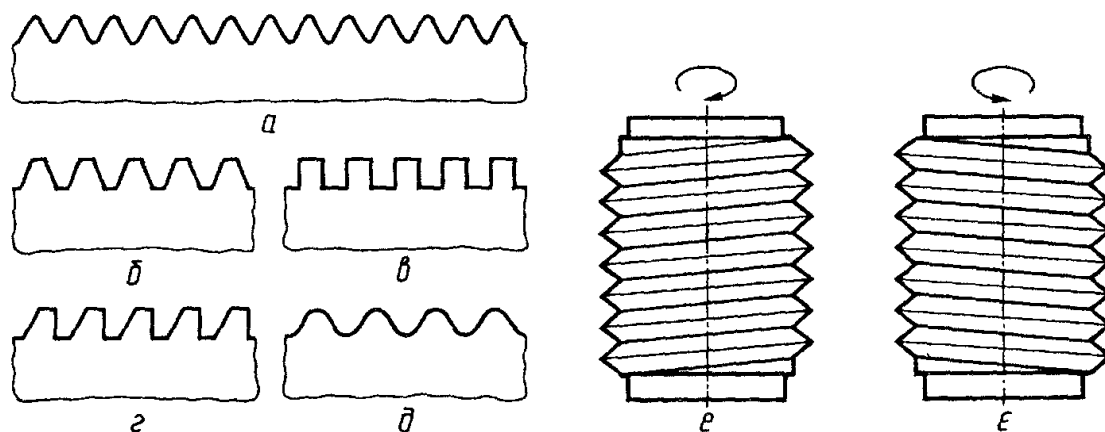


Рис. 4.153. Класифікація різьб за формою профілю (а-д) та напрямком витків (е, е'): а - трикутна; б - трапецеїдальна; в - прямокутна (стрічкова); г - упорна; д - кругла; е - права; е' - ліва

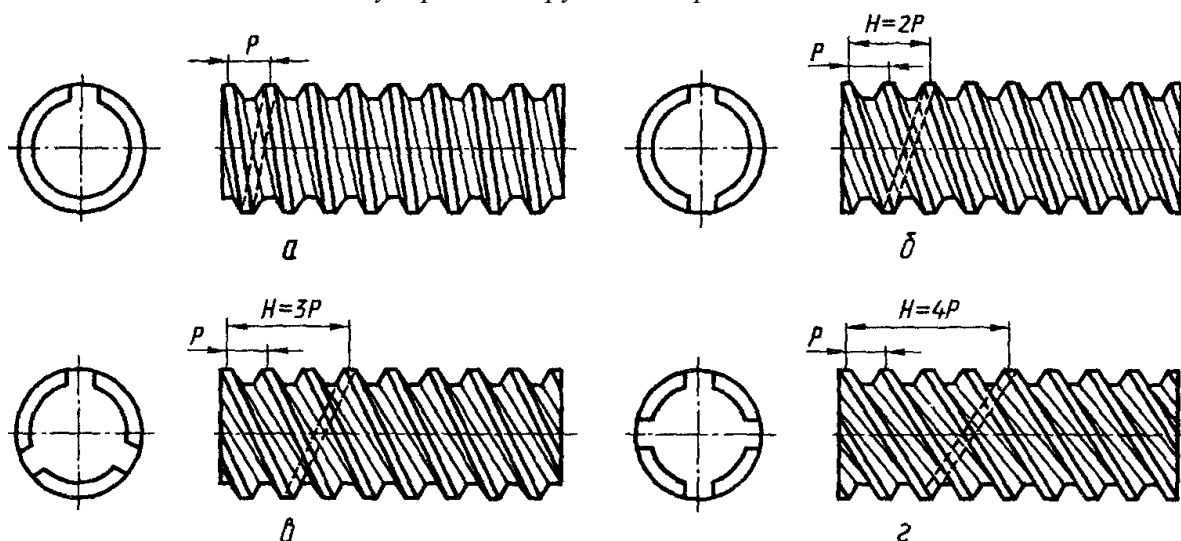


Рис. 4.154. Класифікація різьб за кількістю заходів: а - однозахідна; б - двоухахідна; в - трьохзахідна; г - чотирьохзахідна

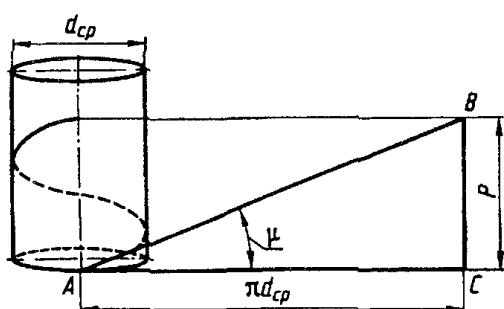


Рис. 4.155. Схема утворення гвинтової лінії

Якщо гвинтову лінію, що є основою різьби, розгорнути на площині, то вона перетвориться в гіпотенузу прямокутного трикутника. Довжина одного з катетів цього трикутника дорівнюватиме довжині кола  $\pi d_{cp}$ , а довжина іншого – кроку різьби  $P$  (рис. 4.155). Середній діаметр різьби  $d_{cp}$  – це діаметр основи уявного циліндра, твірною якого ділить профіль різьби так, що товщина її витка дорівнює ширині канавки.

Кроком різьби  $P$  називається відстань між двома відповідними точками двох сусідніх витків, яку вимірюють паралельно осі різьби.

Кут між напрямком витка й площиною, перпендикулярною до осі циліндра, називається кутом підйому різьби  $\mu$ . Як видно з рис. 4.155,

$$\operatorname{tg}\mu = \frac{P}{\pi d_{\text{cp}}}$$

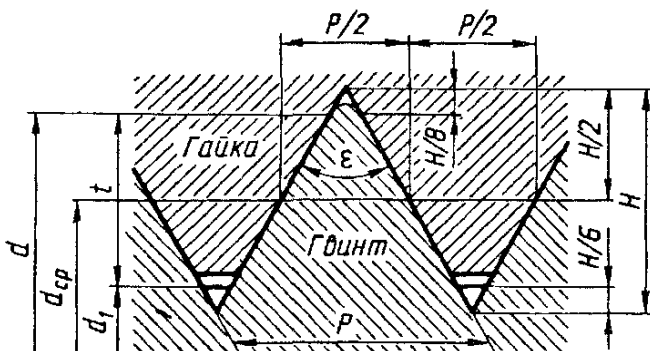
Чим менший кут  $\mu$ , тим меншою є небезпека самовідгвинчування нарізного з'єднання.

Крім середнього діаметра  $d_{\text{cp}}$ , кроку  $P$  і кута підйому, різьба характеризується також зовнішнім  $d$  і внутрішнім  $d_1$  діаметрами, кутом профілю  $\epsilon$  та глибиною профілю  $t$  (рис. 4.156).

Кут профілю різьби - це кут між бічними сторонами профілю, який вимірюють в осьовому перерізі.

Глибиною профілю різьби називається піврізниця зовнішнього і внутрішнього діаметрів:

$$t = \frac{d - d_1}{2}$$



Крок, діаметр і глибину профілю вимірюють у міліметрах.

Трикутний профіль характерний для кріпильних різьб - метричної та дюймової.

Метричною різьбою називається різьба, кут профілю якої  $\epsilon = 60^\circ$ . Вершини виступів такої різьби зрізані, а дно западин заокруглене. Залежно від точності середнього діаметра, метрична різьба має чотири ступені точності для гвинтів (4, 6, 7, 8) і чотири для

Рис. 4.156. Схема метричної різьби:  
 $P$  - крок різьби;  $H$  - теоретична висота витка різьби;  $t$  - фактична висота витка;  
 $d$  - зовнішній діаметр різальної поверхні;  
 $d_{\text{cp}}$  - середній діаметр різьби;  $d_1$  - внутрішній діаметр різальної поверхні;  
 $\epsilon$  - кут профілю різьби

гайок (4, 5, 6, 7). Відповідно до призначення різьби, на її елементи передбачено різні поля допусків:  $h, e, g, d$ , - для болтів і  $H, G$  - для гайок.

Розрізняють велику і дрібну метричні різьби, залежно від їхнього кроку. У великих різьб зі зростанням діаметра збільшується також їхній крок; найбільший крок такої різьби становить 6 мм. Дрібні різьби мають крок, що не залежить від діаметра; на деталях великого діаметра може бути нарізана дрібна різьба.

Велика різьба позначається літерою  $M$  (метрична) і цифрами (номінальний діаметр). Поруч з діаметром указують ступінь точності різьби (наприклад, 4g, 6H). Дрібні різьби позначаються літерою  $M$  і цифрами (номінальний діаметр), вказується також крок (наприклад,  $M12 \times 1$ ). Якщо різьба ліва, то після умовного позначення ставлять літеру  $L$ . Наводимо приклади позначень метричних різьб:  $M12-6h$  - метрична на гвинті, зовнішній діаметр 12 мм, ступінь точності 6h;  $M12 \times 1-6HL$  - метрична різьба на гайці, зовнішній діаметр 12 мм, крок дрібний 1 мм, ступінь точності 6H, ліва.

Багатозахідні різьби позначаються літерою М, цифрами (номінальний діаметр), числовим значенням ходу, мм (тобто кроку, помноженому на кількість заходів,  $H = Pi$ ). У дужках проставляють букву Р з числовим значенням кроку. Наприклад: М24×6(Р2) – різьба тризахідна з кроком 2 мм.

Дюймову різьбу нарізають на деталях, призначених для ремонту деяких старих машин, її мають також деталі машин, що надходять з країн, де прийнята дюймова система мір (Великобританія, США). Кут профілю цієї різьби  $\epsilon = 55^\circ$ , діаметр вимірюється у дюймах ( $1'' = 25,4$  мм), а крок характеризується кількістю витків, що припадають на один дюйм. На кресленнях різьба позначається лише зовнішнім діаметром (наприклад,  $1''$ ,  $1/4''$ ). Кожній різьбі відповідає певна кількість ниток на одному дюймі (за довідником). Так, для різьби  $1''$  – шість ниток на один дюйм, тобто  $P = 1/6''$ . Стандартом передбачено дюймові різьби від  $3/16$  до  $4''$ , що мають від 24 до 3 ниток на один дюйм. Для дюймової різьби прийнято два класи точності: 2-й і 3-й.

#### 4.4.2. Контроль різьби

Орієнтовний контроль кроку й, водночас, кута профілю трикутної різьби здійснюють за допомогою *різьбоміра* - набору шаблонів-гребінок (рис. 4.157). Прикладаючи шаблон до різьби, визначають „на просвіт” збіг кроків і кутів профілю гребінки і різьби.

Діаметр різьби вимірюють за допомогою спеціального різьбовимірювального мікрометра (рис. 4.158). У шпинделі 5 та на п'ятці 2 є отвори, куди вставляють різальні вставки: у шпиндель - конічну 4, кут якої дорівнює кутові профілю; у п'ятку – призматичну 3. Для встановлення мікрометра на нуль використовується встановлювальний шаблон.

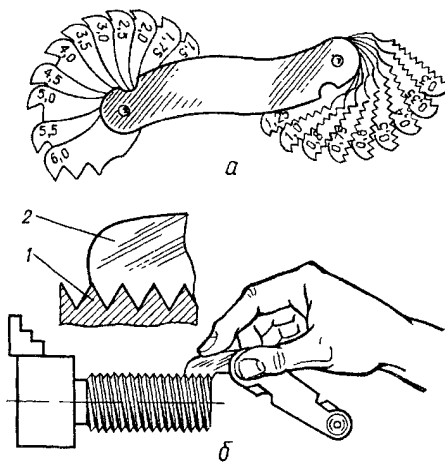


Рис. 4.157. Контроль кроку різьби різьбоміром:  
а - комплект різьбомірів;  
б - контроль; 1 – деталь; 2 - різьбомір

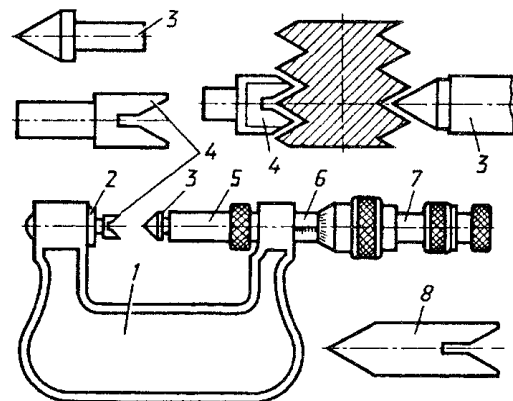


Рис. 4.158. Різьбовимірювальний мікрометр:  
1 – скоба; 2 - п'ятка; 3, 4 - конічна і призматична вставки; 5 - шпиндель;  
б – стебло; 7 – барабан;  
8 - шаблон

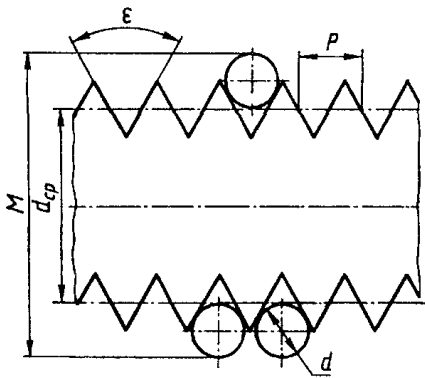


Рис. 4.159. Контроль різьби трьома дротиками

Точно виміряти середній діаметр різьби (до 0,01мм) можна звичайним мікрометром за допомогою трьох загартованих точних циліндричних дротиків, котрі вводять у западини різьби (рис. 4.159). Мікрометром вимірюють розмір  $M$  за дротиками, а середній діаметр різьби обчислюють за формулами. Зокрема, для метричної різьби:

$$d_{cp} = M - 3d + 0,899,$$

для дюймової:

$$d_{cp} = M - 3,166d + 0,961,$$

де  $d$  – діаметр дротика.

У масовому виробництві точність нарізних деталей контролюють за допомогою граничних калібрів: зовнішню різьбу - кільцями (рис. 4.160, а), а внутрішню - пробками (рис. 4.160, б).

Прохідний калібр ПР має повний профіль різьби і повинен згвинчуватися з контрольованим нарізним виробом на повну довжину різьби; непрохідний калібр не має двох-трьох витків з укороченим профілем і може вгвинчуватися різьбою не більше, як на один-два витки. Застосовують також калібри-скоби з профільними роликми (рис. 4.161).

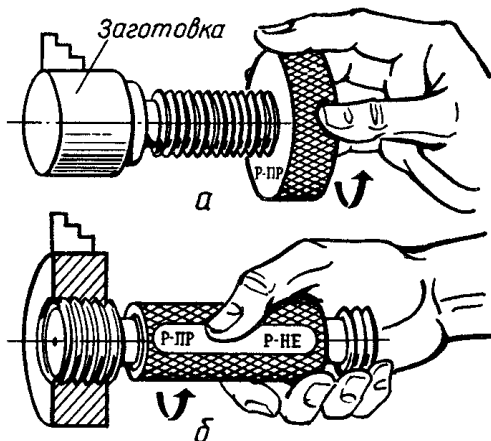


Рис. 4.160. Контроль зовнішньої і внутрішньої різьб різьбовимірними калібрами:  
а - калібром-кільцем; б - калібром-пробкою

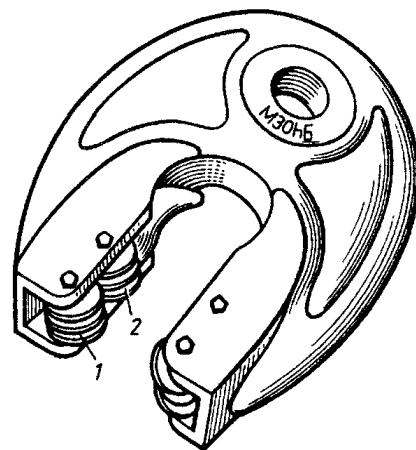


Рис. 4.161. Роликовий різьбовимірний калібр-скоба: 1, 2 - прохідні і непрохідні ролики

### Практичне заняття Вимірювання параметрів нарізних виробів

Завдання. Виміряти зразки нарізних виробів (з метричною різьбою). Визначити напрямок витків, кількість заходів, крок  $P$ , зовнішній  $d$  та середній  $d_{cp}$  діаметри різьби. Записати позначення різьби.



Результати вимірювань звести в таблицю.

Примітка. Заняття проводиться побригадно (по п'ять-шість учнів) з одним комплектом вимірювальних інструментів.

Зразок	Напрямок витків	Кількість заходів	Крок $P$ , мм	Діаметр, мм		Позначення
				зовнішній $d$	середній $d_{cp}$	
Перший						
Другий						

#### 4.4.3. Нарізування зовнішньої різьби плашками

Плашки призначені для нарізування зовнішньої кріпильної різьби трикутного профілю, крок якої не перевищує 2 мм. Іноді їх застосовують для калібрування різьби більшого кроку, задалегідь нарізаної різцем.

Плашка являє собою гайку, виготовлену з інструментальної сталі, що має таку саму різьбу, для нарізування якої вона призначена (рис. 4.162). У плашці, залежно від її розмірів, просвердлюють три-вісім отворів. На перетині поверхонь цих отворів з поверхнею різьби утворюються *нарізні гребінки*; завдяки фаскам гребінки мають різальні частини (забірні конуси), які виконують роботу різання.

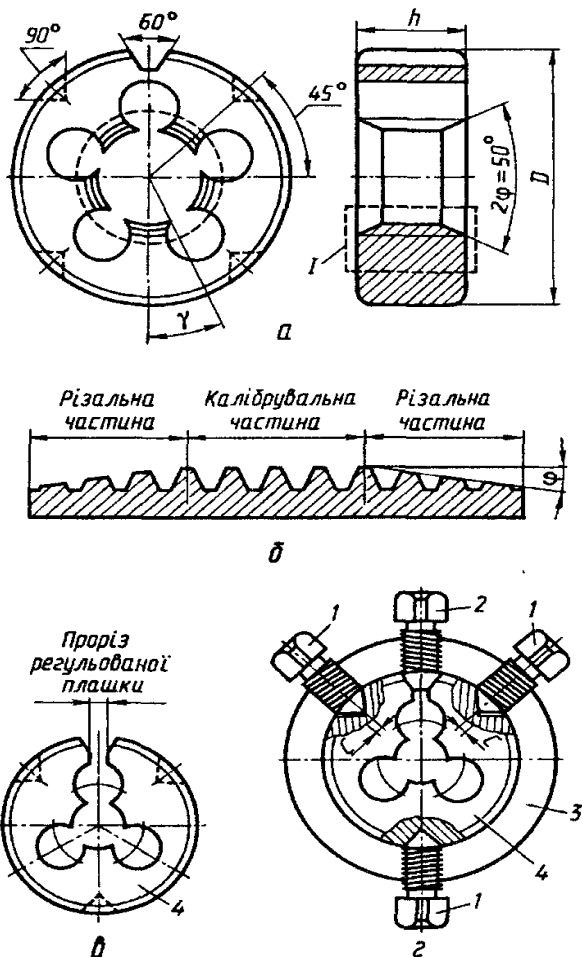


Рис. 4.162. Різьбонарізна плашка:

*a* - вигляд у плані; *б* - елементи різьби плашки; *в* - розрізна регульована плашка; *г* - закріплення плашки у плашкотримачі; *1* - затискні гвинти; *2* - регульований гвинт; *3* - плашкотримач; *4* - плашка

На циліндричному відрізку різьби утворюється *калібрувальна частина* плашки (п'ять-шість витків), яка калібрує різьби за розміром і забезпечує необхідну чистоту поверхні різьби.

Плашки використовуються з обох сторін: після того, як одна сторона різальної частини спрацьовується, плашку перевертають у плашкотримачі й працюють іншою стороною. На торці плашки маркують розмір нарізуваної різьби. Різьбонарізна плашка кріпиться в ручному плашкотримачі – *воротку* (рис. 4.163, а).

Для компенсації спрацювання застосовують регульовані плашки з прорізом (див. рис. 4.162, в). Середній діаметр нарізуваної різьби регулюють гвинтами плашкотримача (рис. 4.163, б).

Плашку, закріплену в ручному плашкотримачі, підводять до заготовки, підтискуючи плашкотримач торцем пінолі до задньої бабки; рукоятка плашкотримача при цьому впирається в супорт. Після нарізування двох-трьох витків з підтискуванням подальша подача плашки відбувається самозатягуванням.

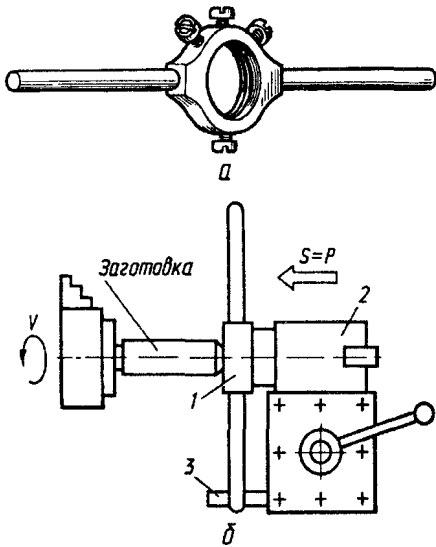


Рис. 4.163. Нарізування різьби плашкою: а - плашкотримач-вороток; б - застосування упорної планки; 1 – плашкотримач; 2 - упор; 3- планка

Плашкотримач можна підтискувати упором, закріпленим у різетримачі, а рукоятку плашкотримача упирати в планку, котра також закріплена в різетримачі (рис. 4.163, б).

**Запам'ятайте!** Під час роботи ручним плашкотримачем треба бути обережним, слідкувати, щоб рука не потрапила між рукояткою плашкотримача і опорою.

Досконалішим і водночас безпечнішим є метод закріплення плашки у самовисувному хитному плашкотримачі, котрий встановлюють у піноль задньої бабки (рис. 4.164).

Стержень для нарізування різьби плашкою обточують з деяким зменшенням діаметра, щоб компенсувати видавлювання металу, причому, таке зменшення буде більшим по сталі, ніж по чавуну. Діаметр стержня під нарізування різьби добирають за довідником.

Для полегшення заходу плашки, перед початком нарізування різьби на торці заготовки проточують фаску. Нарізування різьби плашками виконують зі швидкістю 2–4 м/хв по сталі та чавуну й до 10 м/хв – по кольорових металах. При цьому мастильно-охолоджувальною рідиною для сталі є емульсія, мінеральне мастило чи сульфозфрезол, а для чавуну – гас.

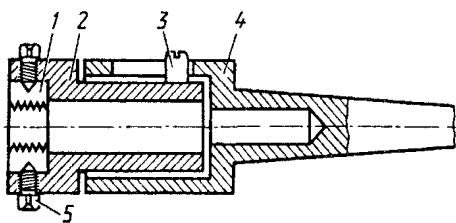


Рис. 4.164. Самовисувний хитний плашкотримач: 1 - плашка; 2 - плашкотримач; 3 - штифт; 4 - корпус; 5 - гвинт

У серійному і масовому виробництві для високопродуктивного нарізування зовнішньої різьби використовується *саморозкривна різьбонарізна головка* (рис. 4.165). У корпусі 3 головки є радіальні пази, в яких ковзають кулачки із закріпленими на них дисковими гребінками 1. Корпус головки вставляють хвостовиком у задню бабку, а подачу для врізування гребінки виконують маховичком задньої бабки. Подальша подача головки відбувається самозатягуванням. Із припиненням подачі головка автоматично розтуляється. Закривання головки, тобто зближення гребінок, виконують рукояткою 2. Швидкість різання для нарізування різьби різьбонарізними головками становить 15–20 м/хв. Після нарізування різьби головку розтуляють поворотом рукоятки 2 (гребінки радіально розходяться) і відводять від нарізаного стержня, не відгвинчуючи.

Гребінки переточують по передній поверхні на заточувальному верстаті.

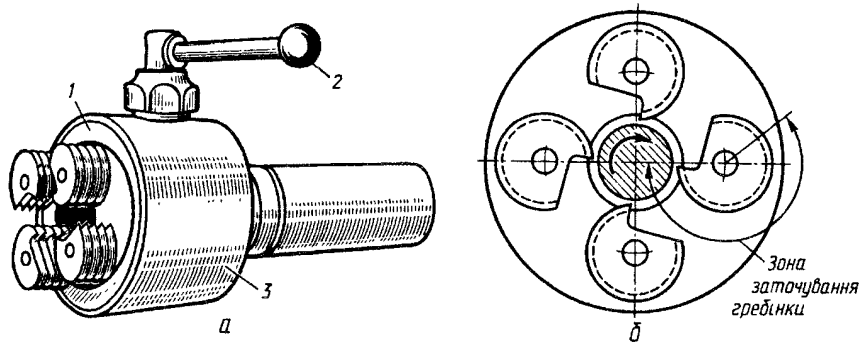


Рис. 4.165. Саморозкривна різьбонарізна головка: а – загальний вигляд; б - схема роботи гребінок: 1 - дискова гребінка; 2 - рукоятка механізму розкривання головки; 3 - корпус

## 4.5. Обробка конічних поверхонь

### 4.5.1. Конічні поверхні та їх контроль

Конічні поверхні – як зовнішні, так і внутрішні - характерні для багатьох деталей машин та різальних інструментів.

Такі поверхні мають, зокрема, конічні шестерні, конічні хвостовики свердел і кінцевих фрез (рис. 4.166).

На робочому торці шпинделя верстата є конічна розточка за стандартним конусом Морзе.

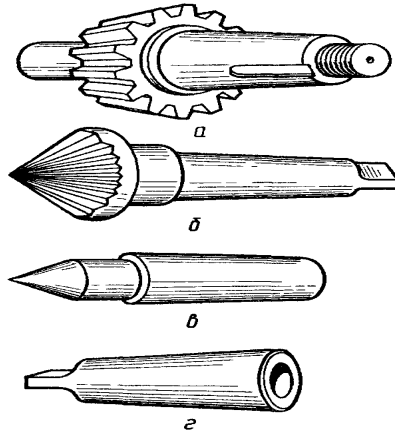


Рис. 4.166. Типові деталі з конічними поверхнями:

*а* - конічне зубчасте колесо; *б* – конічна зенківка; *в* - центр токарного верстата; *г* - перехідна втулка

Конічні поверхні характеризуються такими геометричними параметрами (рис. 4.167, *а*): довжиною конуса  $l$ , великим  $D$  і малим  $d$  діаметрами, кутом похилу  $\alpha$  (його утворюють вісь і твірна конуса), кутом конуса  $2\alpha$ , а також похилом  $\Pi$  і конусністю (або подвійним похилом)  $K$ , які обчислюються відповідно за формулами:

$$\Pi = \operatorname{tg}\alpha = \frac{D-d}{2l}, \quad K = 2\Pi = \frac{D-d}{l}.$$

Позначення конусності на кресленнях показано на рис. 4.167, *б*.

Кут похилу конічних поверхонь контролюється за допомогою *кутових шаблонів* – жорстких або регульованих (рис. 4.168), а також *універсальними кутомірами*.

Основною деталлю універсального кутоміра УМ (рис. 4.169, *а*) є транспортер  $1$ , на поверхні якого нанесена градусна шкала. Навколо осі  $8$ , вставленої у транспортер  $1$ , обертається сектор  $5$  з ноніусом  $3$ . Ноніус має 50 поділок по дузі завдовжки 29 мм (рис. 4.169, *б*). Ціна поділки ноніуса  $2'$ . Користуються ноніусом так само, як і штангенциркулем. Сектор  $5$  зв'язаний з упорною лінійкою  $9$ , до якої хомутиком  $6$  може кріпитись кутник  $7$ . Упорна лінійка прикріплена до транспортера. Для точного підведення робочих поверхонь лінійки або кутника користуються мікрометричним гвинтом  $2$ . Приклади контролю конічних поверхонь за допомогою кутоміра УМ показано на рис. 4.169, *в, г*.

Конусні поверхні контролюють також „на фарбу” за допомогою контрольної *деталі-еталона*. На її поверхню фарбою наносять лінію, потім деталь-еталон з'єднують з контрольованою конічною поверхнею і прокручують. Якщо контрольна лінія стирається ближче до більшого або меншого діаметра, то це вказує на неточність конуса й на необхідність виправлення дефекту.

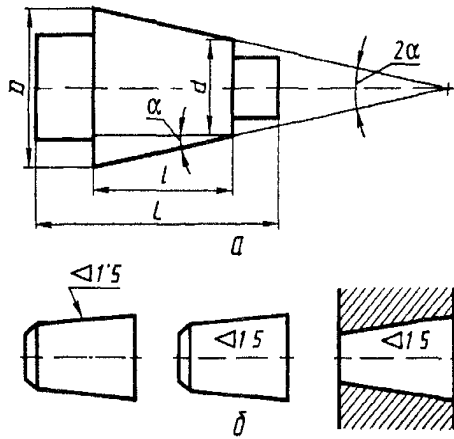


Рис. 4.167. Конічні поверхні  
 а - елементи конічної поверхні;  
 б - умовні позначення конусності  
 на кресленнях

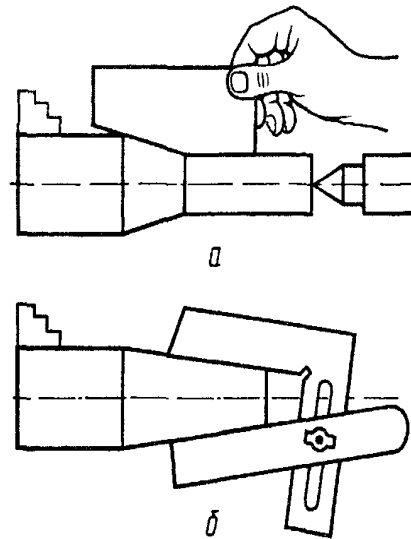


Рис. 4.168. Контроль конічних  
 поверхонь кутовими шаблонами:  
 а - жорстким; б - регульованим

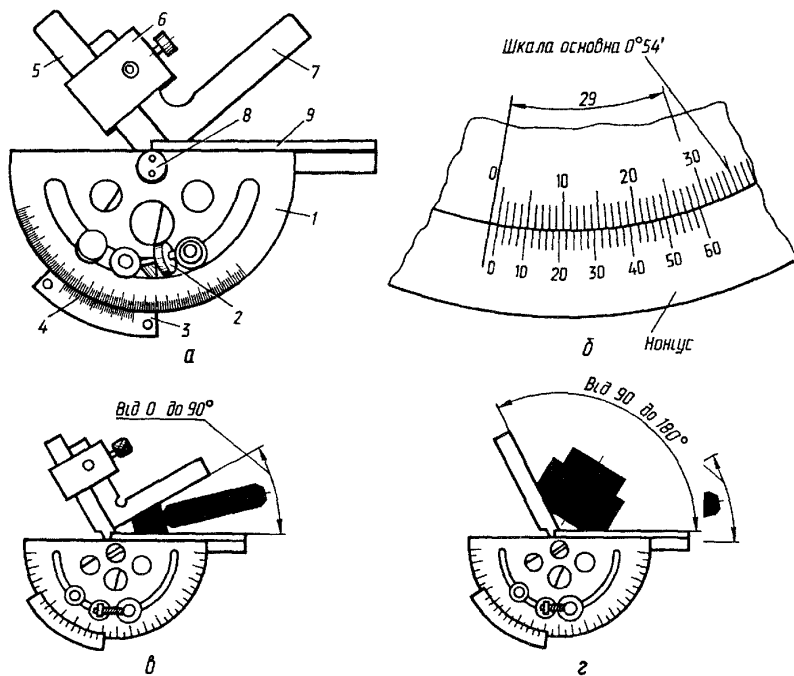


Рис. 4.169. Контроль конічних поверхонь універсальним кутоміром УМ:  
 а - універсальний кутомір УМ; б - ноніус кутоміра; в - контроль між лінійками  
 транспортера і сектора; з - контроль між лінійкою транспортера і кутником;  
 1 - транспортер; 2 - гвинт; 3 - ноніус; 4 - шкала основна; 5 - сектор; 6 - хомутик;  
 7 - кутник; 8 - вісь; 9 - упорна лінійка

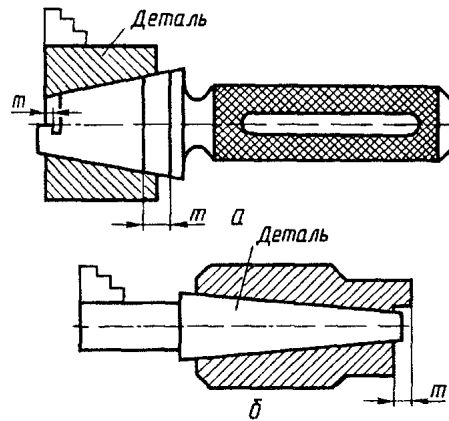


Рис. 4.170. Контроль конічних поверхонь  
калібрами:

а - калібром-пробкою;  
б - калібром-втулкою; т - допуск на конусність

У серійному та масовому виробництві конічні поверхні контролюють за допомогою конусних калібрів — пробок і втулок. Відстань між рисками або розмір уступу на торці калібру відповідає допускові на конусність. Якщо одна риска на пробці заходить у контрольований отвір, а друга – ні, то конус правильний (рис. 4.170, а). Аналогічно для калібру-втулки з уступом: якщо торець контрольованого конуса опиниться в межах уступу, то конус також правильний (рис. 4.170, б).

#### 4.5.2. Обробка конічних поверхонь широким різцем за повернутої верхньої частини супорта

Для оброблення конічних поверхонь завдовжки 20–25 мм користуються широким різцем (рис. 4.171, а, б).

Щоб одержати необхідний кут похилу, застосовують установлювальний шаблон: шаблон прикладають до заготовки, а до його похилої робочої поверхні підводять різець, потім шаблон прибирають і різець підводять до заготовки (рис. 4.171, в).

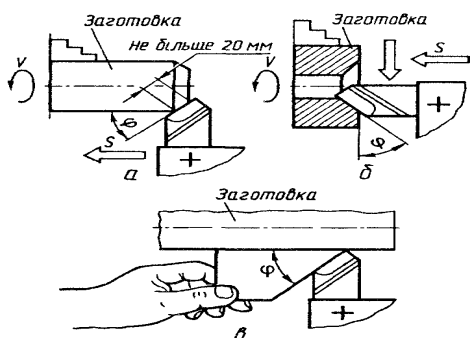


Рис. 4.171. Обробка коротких конічних поверхонь широким різцем: а - зовнішньої поверхні; б - внутрішньої поверхні; в - установлення різця за шаблоном

Найпоширеніший спосіб обробки як зовнішніх, так і внутрішніх конічних поверхонь - подача верхніх ползків за повернутої верхньої частини супорта (рис. 4.172). Перевагою способу є широкий діапазон кутів похилу конуса. Проте цей спосіб передбачає ручну подачу верхніх ползків, що не забезпечує високої продуктивності та якості оброблення.

Відомий дніпропетровський токар-новатор І. Ю. Тхор запропонував пристрій для автоматизації руху подачі повернутих верхніх полозків супорта (рис. 4.173). Від ходового вала 5 через пару спіральних шестерень 4 обертання передається на гнучкий вал 2 (спеціальний трос), а той обертає рукоятку гвинта 1 верхніх полозків.

Сучасний токарний верстат КА-280 має спеціальний пристрій для автоматизації руху подачі верхніх полозків супорта. Недоліком способу є неможливість оброблення довгих конічних поверхонь, оскільки довжина оброблення обмежена довжиною ходу верхніх полозків супорта.

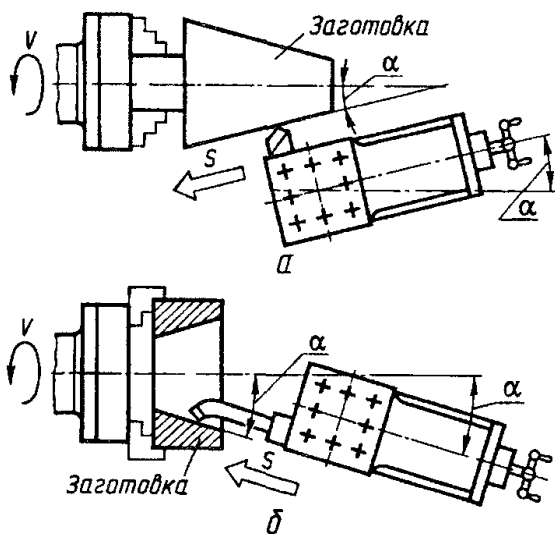


Рис. 4.172. Обробка конічних поверхонь за повернутих верхніх полозків супорта:  
а - обточування зовнішньої поверхні; б - розточування внутрішньої поверхні

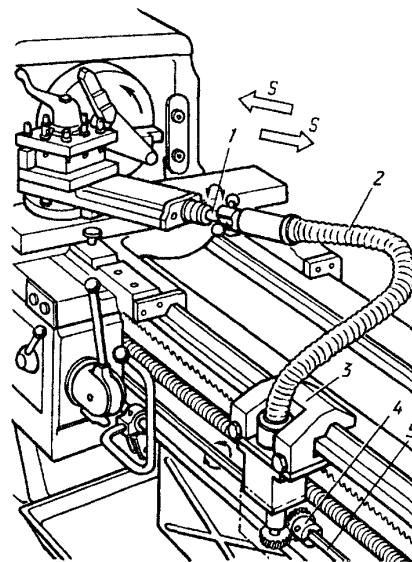


Рис. 4.173. Пристрій з гнучким валом для автоматизації подачі повернутих верхніх полозків супорта:

- 1 - гвинт верхніх полозків;
- 2 - гнучкий вал (трос), 3 – кронштейн;
- 4 - ведуча спіральна шестірня;
- 5 - ходовий вал

Поворот верхньої частини супорта виконують за умови відгвинчених гайок гвинтів кріплення поворотної плити. Значення кута повороту контролюють за рисками на поворотній плиті. Гайки затягуються після необхідного повороту поворотної плити.

Різець потрібно встановлювати строго по лінії центру, інакше твірна обробленого конуса стає криволінійною.

#### 4.5.3. Обробка конічних поверхонь способом поперечного зміщення заднього центру

Для обробки довгих пологих (кут похилу  $\alpha \leq 10^\circ$ ) зовнішніх конічних поверхонь, заготовку деталі встановлюють у центрах, а корпус задньої бабки зміщують спеціальним гвинтом у поперечному напрямку так, щоб вісь заготовки утворювала кут  $\alpha$  з віссю центрів верстата.

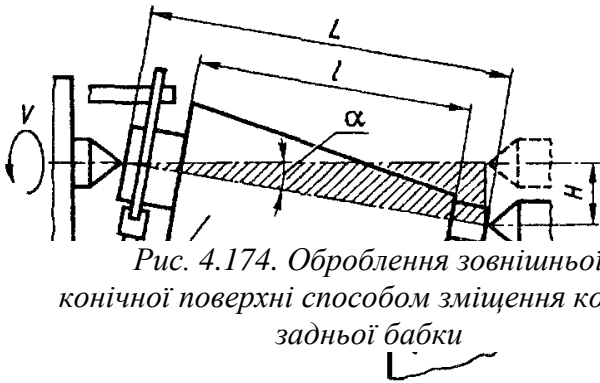


Рис. 4.174. Оброблення зовнішньої конічної поверхні способом зміщення корпусу задньої бабки

У разі поздовжньої подачі каретки різець обточуватиме на заготовці конічну поверхню, кут похилу якої дорівнюватиме  $\alpha$ . Зміщення „на токаря” дає конус більшого діаметра з боку задньої бабки. Необхідне зміщення визначається із заштрихованого трикутника (рис. 4.174):

$$H = L \sin \alpha,$$

де  $H$  – зміщення, мм;  $L$  – загальна довжина деталі, мм;  $\alpha$  – кут похилу.

Оскільки синус малого кута практично дорівнює його тангенсові, то  $H = L \operatorname{tg} \alpha$ , тобто

$$H = L \frac{D - d}{2l},$$

де  $D$ ,  $d$  – більший і менший діаметри конуса;  $l$  – його довжина.

Для безпеки роботи зміщення корпусу задньої бабки не повинно перевищувати  $\pm 15$  мм.

Контроль зміщення корпусу задньої бабки здійснюють за поділками, що є на торці нижньої плити, або за допомогою масштабної лінійки; можна скористатися також лімбом поперечного супорта. Жорстку планку, закріплену в різцетримачі, підводять до пінолі, відмітивши поділку лімба, суміщену з контрольною рисою; потім поперечний супорт переміщують вперед (або назад) на значення  $H$ , контролюючи його за лімбом. Після цього подають корпус задньої бабки до торкання пінолі та планки. Точніший контроль зміщення корпусу задньої бабки здійснюється за індикатором, штифт якого підводиться до пінолі.

Обертання від планшайби до заготовки передається через палець-повідок, який упирається у хвостовик хомутика, закріпленого на кінці заготовки. Довжина пальця має бути достатньою, щоб під час обертання планшайби він не виходив зі стану стикування з хвостовиком хомутика.

Варто зазначити, що при такому зміщенні заготовка ненадійно опирається на звичайний центр (рис. 4.175, а). Тому застосовується центр з кулькою на робочому конусі (рис. 4.175, б). У цьому разі перекіс заготовки не порушить надійності контакту поверхні центрального отвору заготовки з центром, що важливо для безпеки роботи.

Доцільно заготовки центрувати за формою  $R$  (рис. 4.175, в), тоді їх можна встановлювати за умови зміщеного корпусу задньої бабки не на кульковому, а



на звичайному упорному центрі: надійне базування здійснюватиметься по контактному пояску.

Перевагою описаного способу є можливість оброблення довгих конічних поверхонь з автоматичною подачею; проте не можна обробляти круті (кут похилу понад  $10^\circ$ ) і внутрішні конічні поверхні.

Після роботи зі зміщеним корпусом задньої бабки потрібно встановити його у вихідне положення і перевірити співвісність пінолі задньої бабки зі шпинделем, обточивши та проконтролювавши пробну деталь.

Щоб уникнути зміщення корпусу задньої бабки, використовують спеціальний зміщуваний задній центр (рис. 4.176). Обертовий центр 4 закріплено у повзунок 3, який по напрямних у формі ластівчиного хвоста переміщується в корпусі 1. Переміщення здійснюють за допомогою мікрометричного гвинта 2. Контролюють зміщення за шкалою, яку нанесено на корпусі пристрою. Горизонтальне положення корпусу контролюють за допомогою рівня.

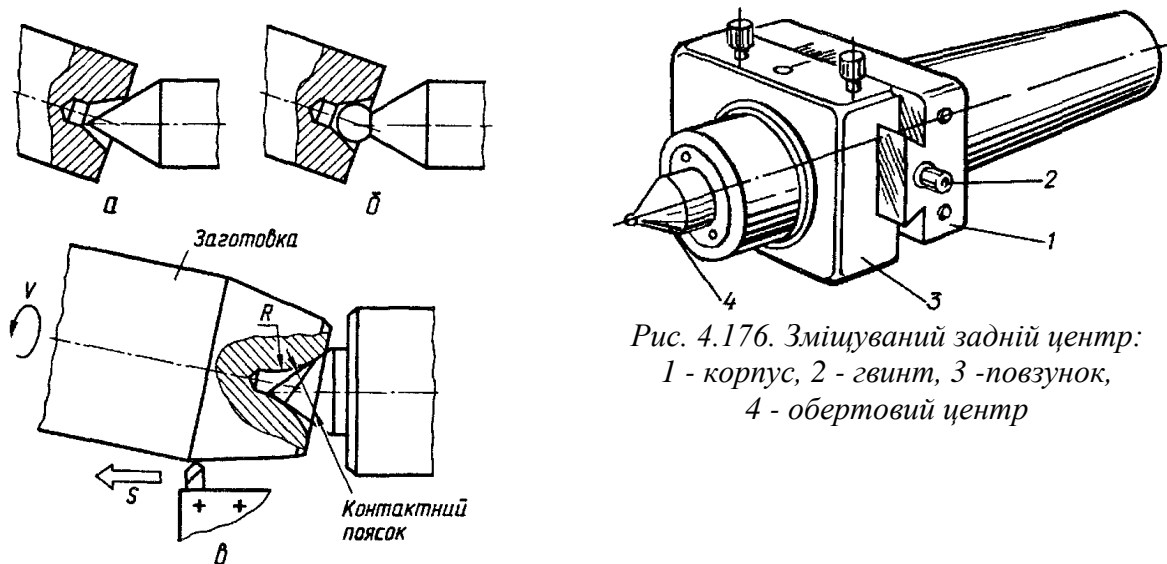


Рис. 4.176. Зміщуваний задній центр:  
1 - корпус, 2 - гвинт, 3 - повзунок,  
4 - обертовий центр

Рис. 4.175. Положення заготовки  
на центрах задньої бабки:  
а – звичайному; б – кульковому;  
в - центровому отворі форми R

### *Практичне заняття*

Розрахунок зміщення заднього центру та практичне налагодження токарного верстата на обточування пологої конічної поверхні

На бригаду (п'ять-шість учнів) видається креслення деталі, що має пологу конічну поверхню. Викладач підбирає креслення з номенклатури деталей базового підприємства.

#### *Хід роботи*

1. Розрахувати зміщення заднього центру з точністю до другого знака після коми (користуючись мікрокалькулятором).

2. На діючому токарному верстаті - у технічному кабінеті чи в майстерні - змістити корпус задньої бабки (або зміщуваний центр) на розраховане значення зміщення  $H$ , контролюючи його за лімбом гвинта поперечних ползків супорта.

3. Проточити конічну поверхню на контрольному валу. Виявити фактичний кут похилу, виконавши потрібні заміри та розрахунки за формулою. У разі потреби відкоригувати наладку і повторно обточити контрольний вал та заміряти кут похилу.

4. Після зміщення корпусу задньої бабки відновити його нормальне положення і перевірити за контрольним валом співвісність шпинделя та пінолі задньої бабки

*Примітка* До налагодження верстата на обточування конічної поверхні слід залучити майстра виробничого навчання.

#### 4.5.4. Обробка конічних поверхонь за допомогою копіювальної (конусної) лінійки та спеціальних пристроїв

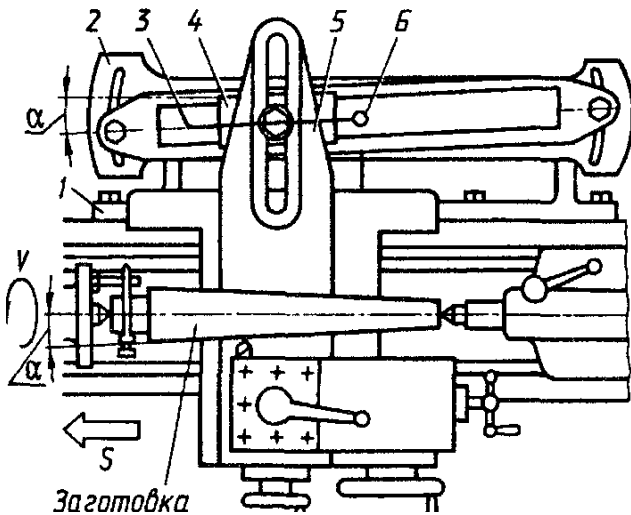


Рис. 4.177. Обробка конічної поверхні за допомогою копіювальної (конусної) лінійки: 1 – кронштейн; 2 – плита;

3 – конусна лінійка; 4 – сухар; 5 – тяга;  
6 – палець

Токарні верстати деяких моделей оснащені спеціальним пристроєм – копіювальною (конусною) лінійкою, яку встановлюють на плиті позаду верстата (рис. 4.177). Лінійка 3 може повертатися відносно осі 6, кут повороту відлічують за градусною шкалою. Поперечні полозки супорта тягою 5 і сухарем 4 з'єднані з лінійкою (гайку гвинта поперечних

полозків супорта при цьому від'єднують від гвинта). За автоматичної поздовжньої подачі каретки поперечні полозки супорта, що з'єднані з лінійкою, переміщуватимуться в поперечному напрямку.

Поєднання поздовжнього й поперечного рухів забезпечує переміщення вершини різця під кутом до осі заготовки, тобто оброблення конічної поверхні.

За допомогою конусної лінійки можна обробляти як зовнішні, так і внутрішні конічні поверхні, кут похилу яких становить 10–12°.

У серійному виробництві торцеві конічні поверхні обробляють за допомогою пристрою, зображеного на рис. 4.178. Копір 5 (плоский шаблон) закріплюють у тримачі 6, хвостовик якого вставляють у конічний отвір пінолі задньої бабки. Різцева оправка 3 вільно рухається в отворі перехідного різцетримача 1, а пружина 2 постійно підтискує оправку до копіра (доторкування роликом 4). Верстатник маніпулює вручну рукояткою поперечних полозків або вмикає автоматичну поперечну подачу.

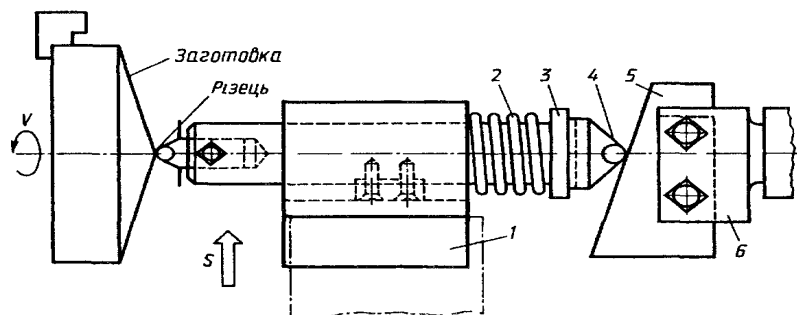


Рис. 4.178. Пристрій для обточування торцевої конічної поверхні:

1 – перехідний тримач;  
2 – пружина; 3 – оправка;  
4 – ролик-щуп; 5 – копір;  
6 – тримач копіра

## 4.6. Обробка фасонних поверхонь

### 4.6.1. Фасонні поверхні та їх контроль

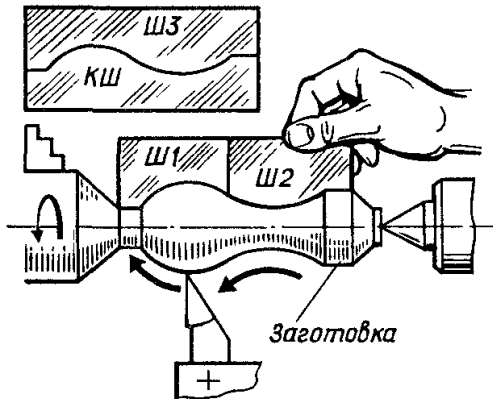


Рис. 4.179. Контроль фасонної поверхні шаблонами:

- Ш1 - для контролю випуклої поверхні;
- Ш2 - для контролю вгнутої поверхні;
- Ш3 - комплексний шаблон,
- КШ - контршаблон

Деталі машин – тіла обертання – можуть мати зовнішні або внутрішні фасонні поверхні, радіусні перехідні відрізки (галтелі), радіусні канавки тощо. Оброблення фасонних поверхонь — один з важливих елементів токарної справи.

Контроль фасонних поверхонь здійснюється за допомогою шаблонів. Шаблон прикладають до діаметральної площини деталі й перевіряють суміщення контрольованого профілю з профілем шаблона „на просвіт” (рис. 4.179). Увігнутий та округлий відрізки профілю контролюють у процесі оброблення за допомогою окремих шаблонів (Ш1 та Ш2), а загальний контроль здійснюють комплексним шаблоном Ш3.

*Запам'ятайте! Контроль можна*

*здійснювати лише після вимикання*

Власне шаблони контролюють за допомогою контршаблонів КШ. Контроль радіусних опуклих та увігнутих поверхонь здійснюється за допомогою стандартних наборів шаблонів-радіусомірів.

### 4.6.2. Обробка фасонних поверхонь фасонними різцями

Деталі, що мають короткі фасонні поверхні завдовжки до 60 мм, у серійному та масовому виробництві обробляють *фасонними різцями*. Профіль різальної кромки фасонного різця є негативним відносно профілю оброблюваної поверхні, тобто опуклості на деталі відповідає вгнута кромка різця, і навпаки.

Найпростішим за конструкцією є *стержневий фасонний різець* з привареною або напаяною різальною пластинкою (рис. 4.180). Через складність профілю, фасонні різці переточують не по задній поверхні, а по передній.

Основним недоліком стержневих різців є мала кількість допустимих переточувань. Застосовують ці різці здебільшого як радіусні та галтельні.

Велику кількість переточувань витримує *призматичний фасонний різець* (рис. 4.181). Профіль його задньої поверхні відповідає заданому фасонному профілю деталі. Різець закріплюють у спеціальній державці хвостовиком «ластівчин хвіст», причому, для утворення заднього кута різець установлюють

з нахилом до підшви державки. Переточування різця виконують шліфуванням передньої поверхні.

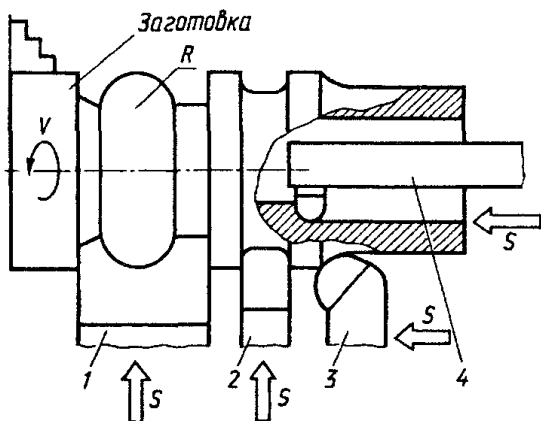


Рис. 4.180. Стержневі фасонні різці: 1, 2 – відповідно, внутрішній і зовнішній гальтельні; 3 - радіусний канавковий; 4 - складного профілю

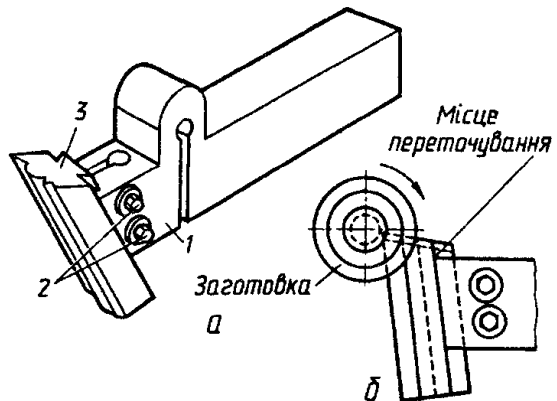


Рис. 4.181. Призматичний фасонний різець: а - разом з державкою; б - схема встановлення; 1 - державка; 2 - гвинти; 3 - різець

Набули застосування *дискові* або *круглі* різці з фасонною зовнішньою поверхнею. На перетині площини кутового вирізу із зовнішньою поверхнею утворюється фасонна різальна кромка. Виріз роблять нижче від центру різця, а центр різця встановлюють вище від центру заготовки (рис. 4.182), що забезпечує додатні значення переднього і заднього кутів. Переточують передню поверхню різця по дотичній до умовного кола, радіус якого  $r = R \sin(\alpha + \gamma)$ , де  $\alpha$  і  $\gamma$  – задані задній і передній кути. Після кожного переточування передньої поверхні дисковий різець прокручують на осі державки, знову встановлюють по центру й закріплюють. Дрібні зубці на торці різця та на торці державки запобігають прокручуванню різця від зусиль, що виникають під час різання.

Для зменшення вібрації заготовки під час оброблення фасонним різцем способом поперечної подачі заздалегідь проточують поверхню прохідним різцем, залишаючи невеликий припуск на завершальну обробку фасонним різцем.

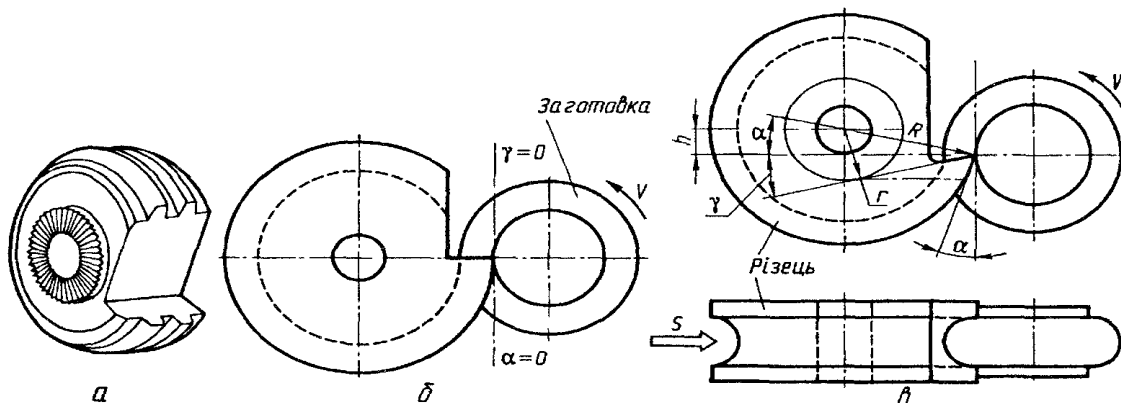


Рис. 4.182. Дисковий фасонний різець: а - загальний вигляд; б - установлений по центру заготовки; в - установлений вище від центра заготовки

Режим точіння фасонним різцем: подача 0,02–0,1 мм/об (наприкінці робочого ходу подачу зменшують); швидкість різання – не більше 30 м/хв.

Під час виконання фасонної обробки для змащення та охолодження застосовують емульсію або сульфозфрезол.

#### 4.6.3. Обробка фасонних поверхонь поєднанням двох подач і за копіром

Фасонну поверхню тіла обертання можна обробляти, поєднуючи поздовжню і поперечну подачі різця. Для цього вмикають автоматичну поздовжню подачу та, маніпулюючи рукояткою поперечних полозків супорта, переміщують вершину різця по фасонному контуру. Цей спосіб хоча й простий, але малопродуктивний, використовується в одиничному виробництві. Заготовку спочатку обробляють прохідними й прорізними різцями, надаючи їй форми, близької до заданої (рис. 4.183).

Дещо прискорює фасонну обробку нескладний пристрій, зображений на рис.4.184. Заданий фасонний контур одержують за допомогою дротяного рейсмуса, закріпленого в різцетримачі: токар стежить, щоб кінець (голка) рейсмуса весь час торкався креслення контуру, котрий закріплено на планшеті, вставленому на задній бабці.

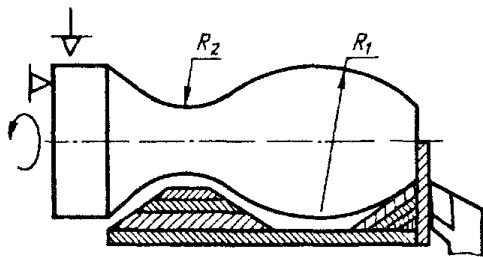


Рис. 4.183. Попереднє оброблення заготовки фасонної деталі

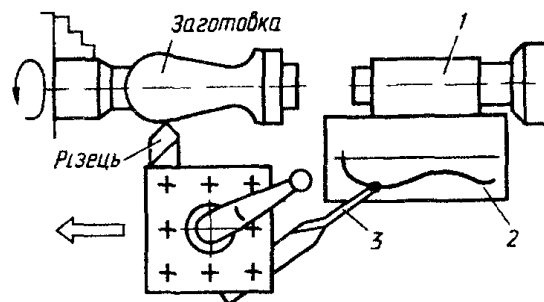


Рис. 4.184. Обробка фасонних поверхонь способом поєднання двох подач із контролем за кресленням: 1 - тримач планшета; 2 - планшет з кресленням фасонного контуру деталі; 3 - рейсмус

Для досягнення високої продуктивності праці, в разі оброблення фасонних поверхонь, застосовують *копіювальний пристрій* (рис. 4.185). Замість поворотної лінійки (див. рис. 4.177) на плиті копіювального пристрою закріплюють спеціальний копір з профільним пазом, в якому рухається ролик, зв'язаний з тягою супорта. У разі поздовжньої подачі каретки поперечна подача супорта дублює рух ролика по пазу копіра і різець відтворює на заготовці профіль копіра. Гайку поперечних полозків від'єднують від гвинта.

Спеціальний пристрій для фасонної обробки, запропонований львівським новатором Й. П. Гургалем, показано на рис. 4.186. У пінолі задньої бабки встановлюють копір, робочий профіль якого негативний до профілю деталі. Корпус пристрою закріплюють у різцетримачі, а на вісь корпусу насаджують

вільне рівноплечеве коромисло, яке підтискується до копіра пружиною. На одному з кінців коромисла розташований різець, на іншому - щуп. У разі автоматичної поздовжньої подачі, щуп рухається по копіру, а різець описує криву, задану цим копіром.

Торцеву фасонну поверхню можна обточувати за допомогою пристрою, про який йшлося у п. 4.5.4 (див. рис. 4.177), треба тільки замінити конусний шаблон на фасонний.

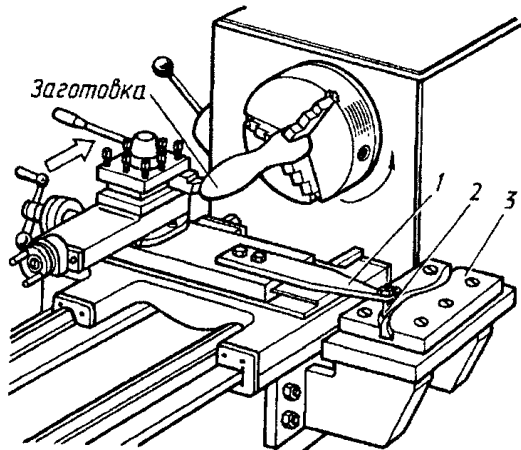


Рис. 4.185. Оброблення фасонної поверхні за допомогою копіювального пристрою: 1 - тяга; 2 - ролик; 3 - копір

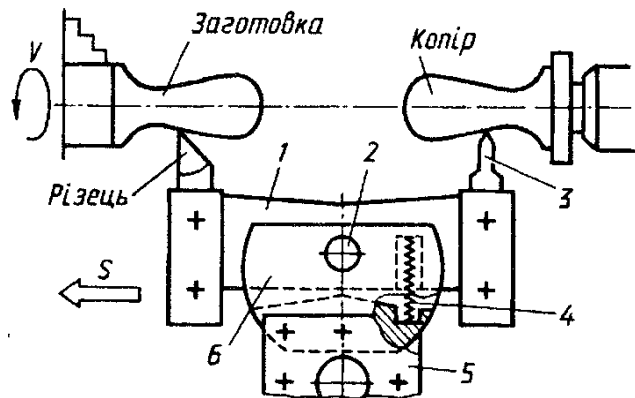


Рис. 4.186. Пристрій Й. П. Гурґаля для обточування фасонних поверхонь: 1 - важіль; 2 - палець; 3 - щуп; 4 - пружина; 5 - різцетримач; 6 - корпус

## 4.7. Фінішна (оздоблювальна) обробка поверхонь

### 4.7.1. Шорсткість обробленої поверхні

На обробленій поверхні після проходження різального інструмента залишаються мікронерівності, тобто поверхня має деяку шорсткість. Розрізняють шорсткість поперечну і поздовжню.

Поперечна шорсткість виникає від подачі різця. Різець залишає на поверхні деталі різьбу, крок якої дорівнює подачі. Висота утворених гребінців залежить від подачі та кутів різця у плані (рис. 4.187):

$$H = \frac{s \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1},$$

де  $H$  - висота гребінців, мкм;  $s$  - подача, або крок мікронерівностей;  $\varphi, \varphi_1$  - відповідно, головний і допоміжний кути в плані.

Як видно з формули, зменшуючи подачу та кути в плані, можна зменшити мікронерівності, а отже, підвищити якість обробленої поверхні.

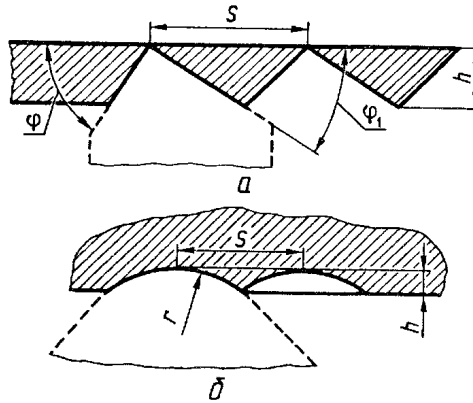


Рис. 4.187. Схеми утворення мікронерівностей:

а - прохідним різцем; б - чистовим різцем з радіусною вершиною;  $r$  - радіус заокруглення вершини різця;  $h$  - теоретична висота мікронерівності

Поздовжня шорсткість - це шорсткість у напрямку головного руху, тобто напрямку обертання деталі. Ці мікронерівності залежать від явища утворення наросту; регулювати поздовжню шорсткість можна зміною швидкості різання, оскільки від цього залежить утворення наросту.

Зменшенню інтенсивності наростоутворення сприяє також якісне змащування поверхонь, що труться, та полірування передньої поверхні (стружкової канавки) інструмента.

Висота мікронерівностей, тобто ступінь шорсткості обробленої поверхні, впливає на експлуатаційні властивості виробу. Охарактеризуємо основні з них.

**Стійкість проти спрацювання.** Спряжені деталі машин, рухаючись одна відносно одної (вал у втулці підшипника, плунжер у насосі тощо), стираються. Через деякий час між ними збільшуються зазори, тобто порушується задана посадка, і це призводить до відхилення в роботі вузла або й машини в цілому. Чим більша шорсткість поверхні деталі, тобто чим вищі гребінці на ній, тим інтенсивніше відбувається стирання. Тому для забезпечення довговічності машини поверхні тертя слід обробляти більш якісно. Водночас на поверхні, що має надто низьку шорсткість, зменшується об'єм «кишеньок» для мастила, тобто погіршуються умови змащування поверхонь тертя і їх спрацювання прискорюється.

Отже, для кожного конкретного випадку роботи вузла конструктор визначає оптимальну шорсткість поверхні, яка б забезпечувала найбільшу стійкість вузла проти спрацювання.

**Опір утомлюваності (циклічна міцність).** Якщо деталь працює в машині в умовах знакозмінного навантаження (наприклад, вісь вагона, поршневий палець), то шорсткість на її поверхні може спричинити появу тріщин, котрі знижують міцність деталі, і це може призвести до поломки. Тому навіть неспряжені поверхні деталей, які працюють із знакозмінним циклічним навантаженням, мають оброблятися з високими вимогами до якості поверхні.



**Міцність нерухомих з'єднань.** Натяг або міцність нерухомих з'єднань, тобто посадок спряжених деталей, забезпечується завдяки стиканню гребінців мікрошорсткостей поверхні, що виступають. Чим якісніше оброблено поверхню, тим більше таких гребінців, проте чим меншою є їх висота, тим надійнішим буде нерухоме з'єднання.

**Антикорозійна стійкість.** Чим краще оброблена поверхня, тобто чим менша висота мікронерівностей, тим меншою буде загальна площа стикання обробленої поверхні деталі з навколишнім корозійним середовищем (водою, маслом, забрудненим повітрям), тобто тим меншою буде корозія обробленої поверхні.

Як уже зазначалося, поверхня будь-якого виробу має виступи і заглибини. Характер нерівностей на поверхні може бути закономірним (наприклад, після оброблення лезовим інструментом) і хаотичним (після абразивних інструментів, розміри зерен яких коливаються у певному діапазоні).

Для визначення критеріїв або ступенів шорсткості застосовується спеціальний прилад – профілограф, алмазна голка якого прощупує поверхню, а на аркуші паперу записуються профілі мікрошорсткостей поверхні. Проведемо середню лінію профілю і заміряємо відстані від осі деталі або будь-якої лінії, паралельної середній, до крайніх точок виступів і заглибин (рис. 4.188). Одержимо десять значень для п'яти виступів і п'яти заглибин:  $h_1, h_2, h_3, \dots, h_{10}$ .

Виміряємо також відстані від середньої лінії до профілю:  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_{10}$ . На базовій довжині  $L$ , що вважається постійною, виконують до п'яти замірів (заміри виконуються на ділянках базової довжини  $L$ , встановленої стандартом). Маючи такі дані, обчислимо числові характеристики мікрошорсткості поверхні (в мікрометрах). Так, висота нерівностей профілю для 10 точок:

$$R_z = \frac{1}{5}(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10}),$$

а середнє арифметичне відхилення профілю:

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{10}}{10}.$$

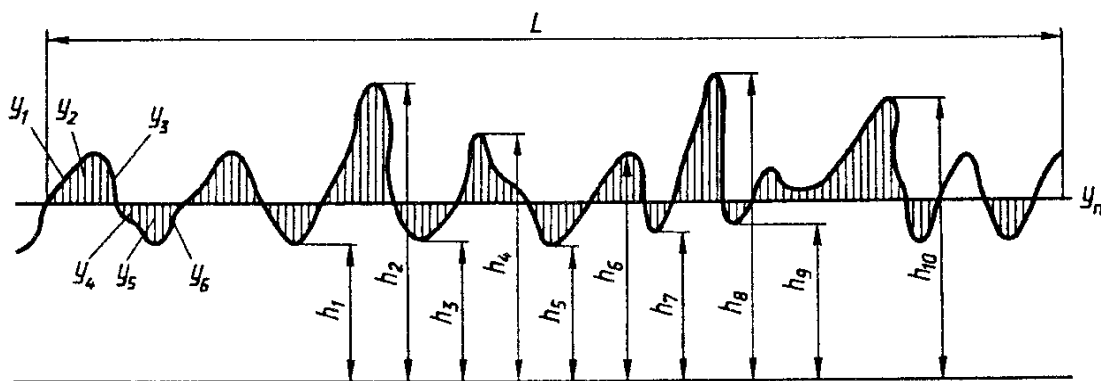


Рис. 4.188. Схема розміщення мікронерівностей відносно середньої лінії шорсткості:  $L$  - базова довжина контролю;  $y_i$  - у відстані від середньої лінії до фактичного профілю мікронерівностей,  $i = 1, \dots, n$ ;  $h_i$  - відстані від осі деталі до заглибин та виступів мікронерівностей,  $i = 1, \dots, 10$

Усього за стандартом визначено 14 класів шорсткості поверхні Т1–Т14. На кресленнях проставляється значок (символ) мікронерівностей  $R_z$ , а  $R_a$  не зазначається. Однак для 1–5-го класів шорсткості більш розповсюдженим є позначення  $R_a$ , а для 13-го і 14-го класів (особливо чисті поверхні) –  $R_z$ . Позначення шорсткості на оброблених поверхнях показано на рис. 4.189.

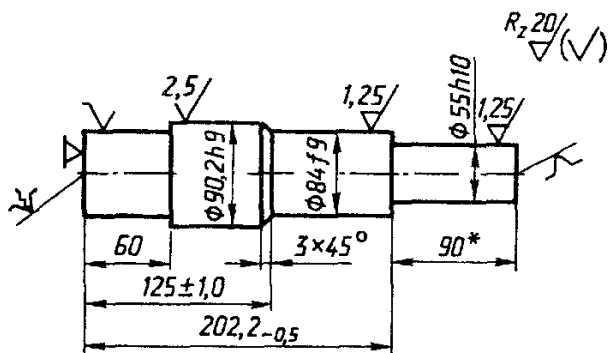


Рис. 4.189. Приклади позначення шорсткості поверхнь. Символи у правій верхній частині рисунка означають шорсткість решти поверхнь

#### 4.7.2. Тонке точіння

Суть тонкого точіння полягає у зрізуванні з поверхні заготовки найтоншої стружки, що забезпечує високу точність (5–7-го класів) і малу (до 7-го класу) шорсткість поверхні. Припуск на тонке точіння становить 0,1 – 0,2 мм. Тонке точіння називають ще алмазним, тому що найбільший ефект за продуктивністю та якістю оброблення забезпечують різці, оснащені кристалами природних або штучних алмазів. Для цього

використовують кристали масою близько одного карата (0,2 г), які впаюють у державку або кріплять до неї механічним способом (наприклад, притискують планкою). Кристал алмаза огранюють, шліфуючи площини алмазним порошком, до одержання необхідної геометрії.

Алмазними різцями обробляють кольорові метали (мідь, алюміній), легкі сплави (сплави алюмінію, латунь, бабіт) і пластмаси. Можливе алмазне точіння відливків з чавуну за умови відсутності в них раковин.

Для оброблення сталі алмазні різці не застосовують, оскільки висока температура в зоні різання призводить до руйнування алмаза.

Для тонкого точіння сталі застосовують різці, оснащені кристалами кубічного нітриду бору (композит 01; 05; 10). Теплостійкість цього синтетичного інструментального матеріалу досягає 1300 °С. Він допускає такі режими різання: глибина різання 0, 01...0,3 мм, подача 0,01...0,1 мм/об, швидкість різання 100–700 м/хв (рис. 4.190).

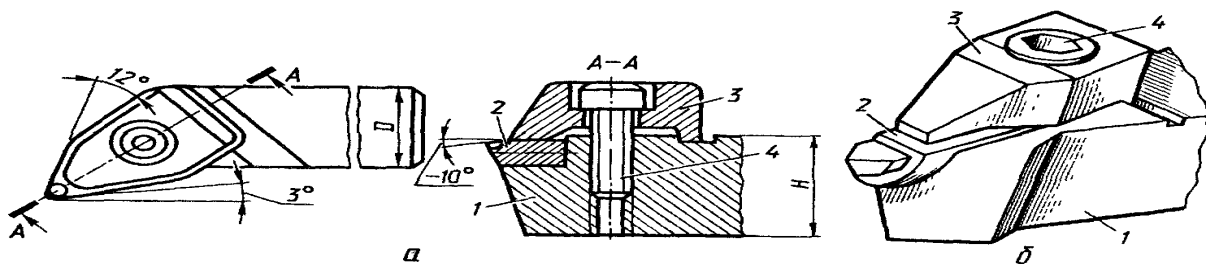


Рис. 4.190. Різець для тонкого точіння по сталі, оснащений композитом: а - креслення; б - загальний вигляд; 1 - державка; 2 - вставка з композитом; 3 - притискна планка, 4 - гвинт

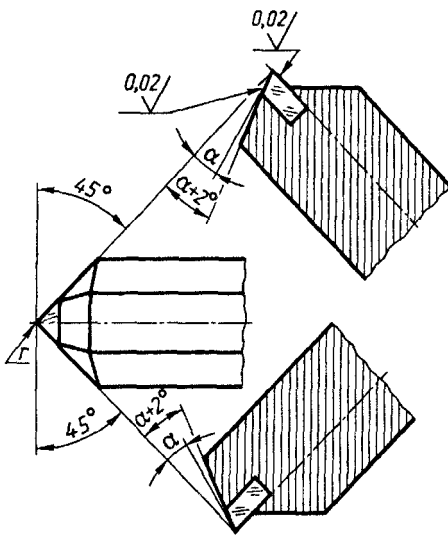


Рис. 4.191. Геометрія різця для тонкого точіння, оснащеного твердим сплавом ВК8

Тонке точіння виконують також різцями, оснащеними пластинками з твердих сплавів: ВК8 – для точіння по чавуну, ТЗОК5 - для точіння по сталі (рис. 4.191). Геометрію різців для тонкого точіння, залежно від оброблюваного матеріалу, визначають за довідником.

Різці для тонкого точіння доводять на алмазному крузі. Якість доведення контролюється за допомогою лупи п'ятикратного збільшення.

Токарні верстати для тонкого точіння повинні мати високу жорсткість, бути швидкохідними, відзначатися точністю вузлів. Так, допуск на радіальне биття у шпинделі не повинен перевищувати 0,005 мм.

Фінішну обробку отворів у заготовках корпусних деталей виконують на алмазно-розточувальних верстатах.

### 4.7.3. Фінішна обробка поверхонь

Суть пластичного деформування полягає у зминанні, розгладжуванні мікронерівностей під натиском інструмента (накатки), який зменшує шорсткість поверхні до  $R_a$  1,25 мкм. Водночас, у процесі такого оброблення поверхня зміцнюється, внаслідок наклепу підвищується її твердість і стійкість проти стирання.

Пластичному деформуванню піддають поверхні деталей, які підлягають запресовуванню (цапфи валів), таких, що працюють на стирання (плунжери), а також тих, що зазнають змінного навантаження (шийки колінчастих валів) та ін. Припуску на обкатування, як правило, не залишають, оскільки процес пластичного деформування не впливає на розмір (мікронерівності змінюють у межах допуску на задану шорсткість). Шорсткість поверхні перед обкатуванням має бути нижчою, ніж шорсткість, яку треба отримати.

Обробка зовнішніх поверхонь пластичним деформуванням називається обкатуванням або накатуванням, а інструмент — накаткою. Накатки бувають у вигляді роликів (рис. 4.192) або кульок (рис. 4.193). Пристрій для накатування може мати одну або кілька накаток.

Стандартний однороликовий універсальний пристрій для накатування зовнішніх поверхонь показано на рис. 4.194. Деталь приводять в обертання і вмикають поздовжню подачу супорта; поперечною подачею підводять накатку до деталі. У процесі накатування до роликів і деталі підводиться мінеральне масло.

У кульковій накатці (див. рис. 4.193) загартована кулька 7, що спирається на зовнішні обойми шарикопідшипників 2, утримується ковпачком 4. Державку накатки 7 закріплюють у різцетримачі.

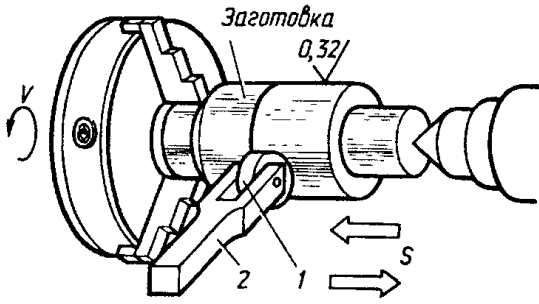


Рис. 4.192. Обкатування зовнішньої поверхні накаткою з роликом:  
1 - ролик; 2 – державка

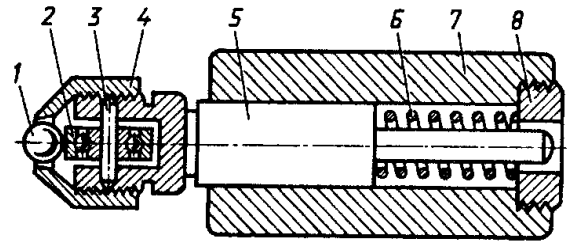


Рис. 4.193. Кулькова накатка:  
1 - загартована й полірована кулька від підшипника; 2 - підшипник;  
3 - вісь; 4 - ковпачок; 5 - стержень;  
6 - пружина; 7 - корпус; 8 - гайка регулювання натягу пружини

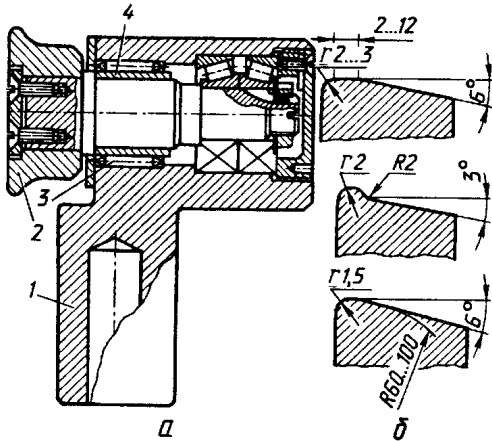


Рис. 4.194. Стандартна накатна роликова головка: а - креслення головки; б - форми профілю накатних роликів; 1 - корпус; 2 - ролик;  
3 - голчастий підшипник; 4 - радіально-упорний підшипник

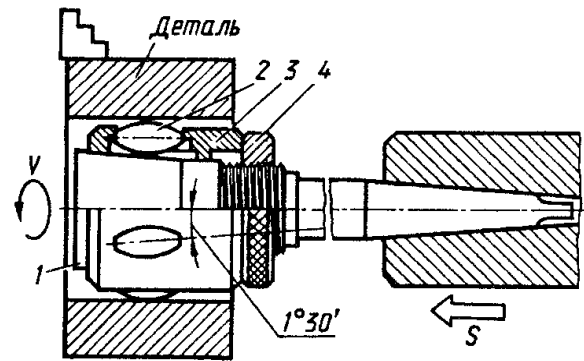


Рис. 4.195. Внутрішня розкатка:  
1 - конусна втулка регулювання розтискання роликів; 2 - ролик;  
3 - кільце-сепаратор;  
4 - регулювальна гайка

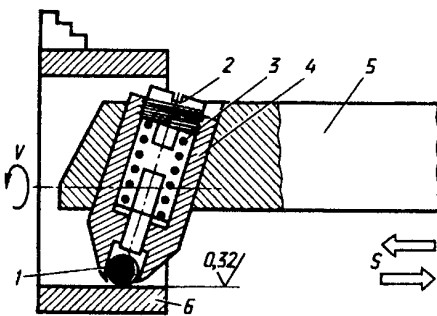


Рис. 4.196. Розкатування внутрішньої поверхні великого діаметра кульковою розкаткою: 1 - кулька;  
2 - гвинт; 3 - пружина;  
4 - тримач; 5 - державка;  
6 - деталь

Обробка внутрішніх поверхонь пластичним деформуванням називається розкатуванням (розвальцьовуванням), а інструмент – розкаткою (вальцівкою). Розкатку з бочкоподібними роликами зображено на рис. 4.195. Ролики розміщені у прорізах обойми під невеликим кутом ( $1^{\circ}30'$ ) до осі оправки, тому під час роботи розкатка ніби вгвинчується в отвір, який розкатують. Для кожного розміру має застосовуватися своя розкатка.

Розкатування отвору великого діаметра виконують кульковою розкаткою, котру закріплюють у державці, затиснутій у різцетримачі (рис. 4.196). Інструмент підтискується до внутрішньої поверхні деталі

поперечним супортом.

#### 4.7.4. Зміцнення поверхні деталі

Як уже зазначалося, важливою галуззю застосування методу пластичної деформації є *зміцнення поверхні деталі накатуванням*, тобто подрібненням та ущільненням поверхневих кристалів металу для підвищення твердості та зносостійкості поверхні деталі на глибину до 2 мм.

Характерним прикладом такої операції є зміцнення галтелі - радіусного переходу між ступенями вала. Як відомо, саме на переходах концентрується напруга і виникає небезпека появи тріщин і поломки вала. Накатування радіусної галтелі запобігає їх появі. Для здійснення цієї операції використовують пристрій зі спіральним накатним сталевим загартованим роликком (рис. 4.197). Від притискання до деталі ролик обертається і завдяки своїй спіральності коливається по галтелі, наклепуючи її.

Для зміцнення галтелі великого радіуса застосовують стандартну накатку (див. рис. 4.194), надаючи їй додаткового руху за радіусом галтелі (рис. 4.198).

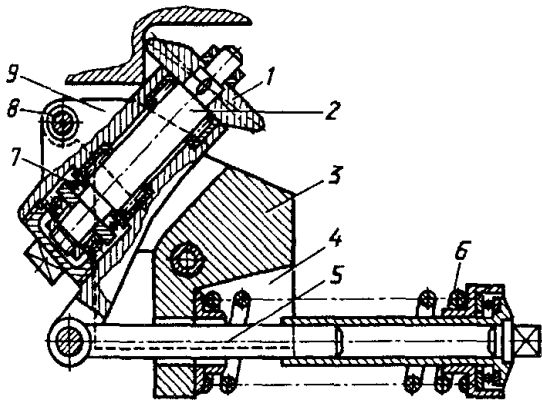


Рис. 4.197. Пристрій для зміцнювального накатування галтелей: 1 - спіральний ролик; 2 - вісь;

3 - корпус; 4 - натискна втулка; 5 - тяга переднього налагодження; 6 - пружина; 7 - підшипник; 8 - вісь поворотної плити; 9 - поворотна плита

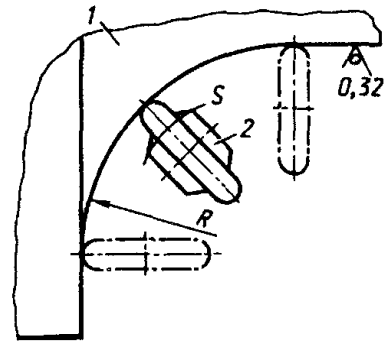


Рис. 4.198. Схема зміцнення галтелі великого радіуса: 1 - деталь; 2 - галтель

Поширеним є метод ударного наклепування сталевими кульками, що вільно розміщені у гніздах сепаратора, який обертається (рис. 4.199).

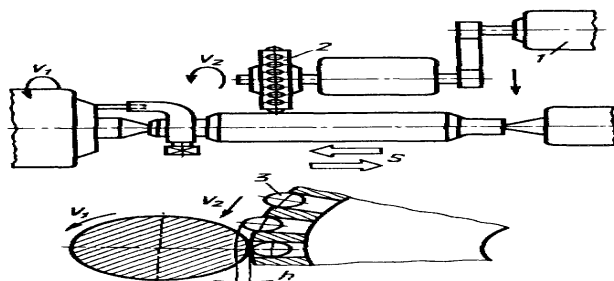


Рис. 4.199. Схема ударного накатування поверхні деталі: 1 - сепаратор; 2 - привід обертання сепаратора з кульками, 3 - сталева кулька;  $V_1$  - обертання деталі;  $V_2$  - обертання сепаратора;  $h$  - діапазон вільного коливання кульки в сепараторі

Окрім розкатування роликми або кульками, для зміцнення поверхні отвору застосовують *метод дернування* - проштовхування через отвір загартованої кульки або ролика зі сферичною робочою поверхнею (рис. 4.200). Дернування отворів виконується на свердильному верстаті чи на пресі. На рис. 4.201 показано комбінований інструмент — *розвертку-дорн*: після розвертування твердосплавне відполіроване кільце, рухаючись в отворі, наклепує його поверхню.

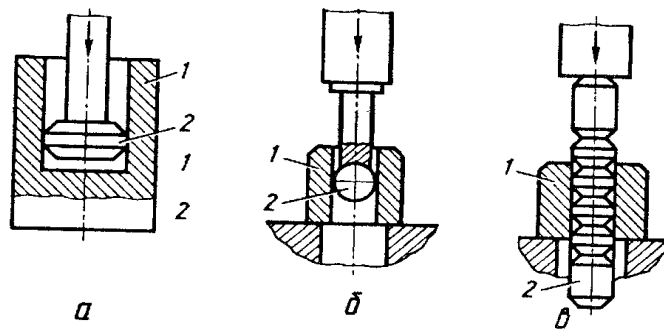


Рис. 4.200. Схеми дернування отворів:  
 а - роликом, б - кулькою,  
 в - ступінчастим дорном,  
 1 - деталь, 2 - інструмент

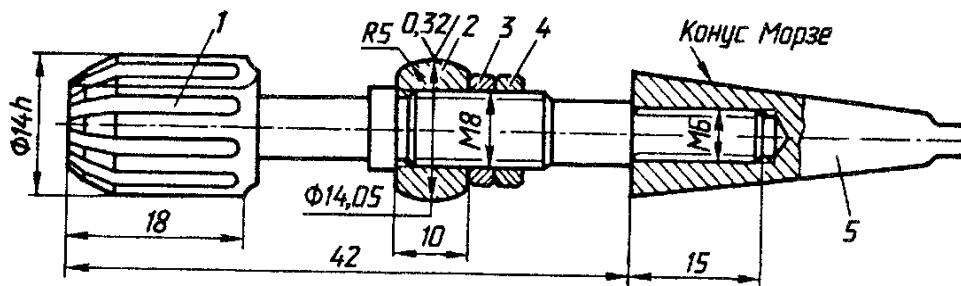


Рис. 4.201. Комбінований інструмент розвертка-дорн:  
 1 - розвертка; 2 - твердосплавний дорн; 3 - гайка,  
 4 - контргайка; 5 - хвостовик

#### 4.7.5 Неполадки, що виникають під час оброблення поверхонь методом пластичного деформування, та способи їх усунення

Причини

Способи усунення

*Макрогеометричні недоліки: хвилястість обробленої поверхні, конусність, викривлення осі отвору, неокруглість тощо.*

Підтискування накатного ролика Дотримуватися правил накатування під час накатування. Робота накатки (див. п. 4.7.6).  
 за межами припуску.

Установка ролика нижче або вище від лінії центрів.

Замалий діаметр накатної кульки  
Перетиск тонкостінної гільзи кулачками патрона.

Відтискування консольної оправки з розкатним роликом.

Установити центр ролика по лінії центрів.

Замінити накатний пристрій  
Зменшити зусилля притискування кулачків патрона.

Застосувати більш жорстку консольну оправку або дворولیкову оправку.

#### Причини

*Макрогеометричні недоліки: хвилястість обробленої поверхні, конусність, викривлення осі отвору, некруглість тощо.*

Неідентичність діаметрів роликів у дво- чи багатороликовій розкатці.

Просідання однієї або кількох кульок у сепараторі ударної накатки.

*Мікрогеометричні недоліки: підвищена шорсткість, подряпини, наклеп*  
Підвищена шорсткість накатного ролика.

Потрапляння стружки або бруду під накатку.

Наклеп або слід від попередньої операції - оброблення різцем чи зенкером.

Неякісне або недостатнє змащування накатуваної поверхні.

#### Способи усунення

Ретельно перевірити ідентичність діаметрів, і в разі потреби замінити ролики розкатки.

Розібрати накатку, прочистити та змастити її.

Полірувати накатку дрібнозернистою шкуркою або доводжувальною пастою ( $HKS \leq 0,016$  мкм).

Перед накатуванням або розкатуванням промити деталь струменем МОР.

Звернути увагу майстра та ВТК на неякісне виконання попередньої операції (неправильний вибір режиму різання та МОР).

Правильно вибрати МОР.  
Дотримуватися правил накатування (див. п. 4.7.6).

### 4.7.6. Накатування рифлів та декоративних візерунків

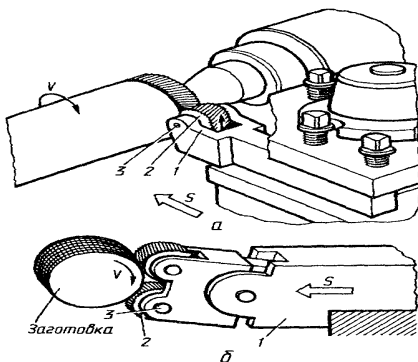


Рис. 4.202. Накатування рифлів:

а - одним роликом;

б - двома роликами; 1 - дворولیкова державка; 2 - ролик; 3 - вісь ролика

Зовнішні поверхні окремих деталей (рукоятки, головки гвинтів, ручки калібрів тощо) відрізняються різноманітною формою рифлів. Вони можуть бути лінійчастими (прямими або навскісними), ялинковими, сітчастими, крапковими та ін. Накатують рифлі на поверхні загартованими роликами з відповідними виступами (рис. 4.202).

У державці, зазвичай, закріплюють один накатний ролик (або два, коли треба одержати сітчасті рифлі). Ролики слід розміщувати строго паралельно поверхні, яку накатують. Типи накатних роликів показано на рис. 4.203. Накатування здійснюють за два-три робочих ходи. Нежорсткі деталі можуть відтискуватися під дією великого радіального зусилля, тому для накатування на них рифлів треба виконати 5-10 робочих ходів (залежно від кроку рифлення). Накатування виконують з подачею в обидва боки. Поперечну подачу роликів, тобто вдавлення в поверхню, здійснюють у кінці кожного робочого ходу без виходу роликів за межі деталі. Режим обробки при цьому є таким: подача 1–2 мм/об; колова швидкість для сталі – 10–20 м/хв, для чавуну – 30–40 м/хв, для алюмінію – 70...80 м/хв; змащування мастилом «Індустріальне-70».

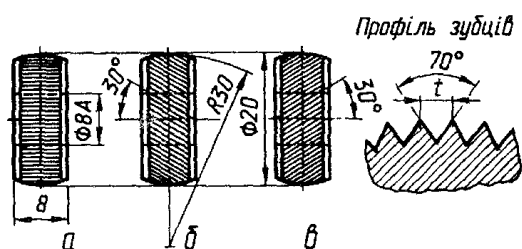


Рис. 4.203. Типи роликів для накатування рифлів: а - для прямих рифлів; б, в - для косих рифлів, відповідно, правий і лівий

Розмір заготовки під накатування рифлів вибирають з урахуванням видавлення металу роликами (діаметр накатувальної поверхні менший від номінального приблизно на 0,6 кроку візерунка накатки). Для запобігання проковзуванню бажано, щоб діаметр ролика був кратним діаметрові поверхні, яку накатують.

Нкатні ролики час від часу очищають сталеву щіткою, видаляючи з канавок металевий пил.

Для нанесення на поверхню деталі декоративного візерунка застосовують метод вібронакатування кулькою. Кулька закріплена в державці спеціального пристрою, якому надають вібрацію. Амплітуда вібрації має становити 0,05–0,1 мм, а частота – 500...1000 хв<sup>-1</sup>. Привід для вібрації може бути механічним або пневматичним. Поєднання рухів обертання деталі, поздовжньої подачі та одночасної вібрації ролика створює на поверхні візерунок, контури якого залежать від режимів обробки: амплітуди й частоти вібрації, подачі та колової швидкості.

#### 4.7.7 Неполадки, що виникають у процесі накатування рифлів роликами, та способи їх усунення

Причини	Способи усунення
	<i>Рифлі зі зрізаними вершинами</i>
Процес накатування не завершено.	Виконати кілька додаткових проходів.
	<i>Рифлі з гострими вершинами</i>
Спрацьованість накатних роликів.	Прочистити ролики сталеву щіткою і протерти їх. У разі потреби,



замінити накатні полики.

### *Мілкі рифлі з повним профілем*

Велика кількість робочих ходів.

Зменшити кількість робочих ходів; відкоригувати режим накатування за першою деталлю.

### *Глибокі рифлі, вершини рифлів нерівні ("завалені")*

Виконано зайву кількість проходів.

За першою деталлю відкоригувати кількість проходів, а загальну глибину вдавлення встановлювати за лімбом.

### Причини

### Способи усунення

#### *Нечіткі, густі рифлі*

Неякісно підготовлена поверхня під накатування.

Забезпечити необхідну шорсткість поверхні під накатування.

Неправильно вибрані режими накатування.

За першою деталлю відкоригувати режим накатування.

Непарність діаметра ролика діаметрові накатуваної поверхні.

Замінити накатувальні ролики.

#### *Спотворений візерунок рифлів*

Неоднаковий крок або кут рифлів даної пари роликів.

Підібрати пару роликів з однаковим кроком і кутом нахилу рифлів.

Заклинюється шарнір обойми.

Змастити шарнір обойми; у разі потреби, відремонтувати шарнір.

#### *Значна шорсткість рифленої поверхні*

Забруднення роликів.

Періодично очищати ролики металевою щіткою та добре змащувати їх мінеральним маслом.

Спрацювалися ролики.

Замінити ролики.

## **Контрольні запитання**

1. Які поверхні розрізняють на заготовці, що обробляється на токарному верстаті?
2. Які основні вузли та деталі має токарний верстат?
3. Які найбільш точні металооброблювальні верстати з ЧПК у сучасній промисловості? Навести приклади. Указати технічні характеристики металооброблювальних верстатів мод. IКEGAI, 1K62.
4. Як називаються основні поверхні на головці токарного різця?
5. За якими правилами треба заточувати різець на точилі?
6. Назвіть складові режиму різання.
7. Як обчислюється частота обертання шпинделя токарного верстата?

8. Які вимоги ставляться до деталей із зовнішніми циліндричними поверхнями?
9. Як прочитується заміряний розмір на шкалі ноніусів штангенциркулів ШЦ-1, ШЦ-2?
10. Поясніть будову мікрометра. Як прочитується заміряний розмір на мікрометрі?
11. Як користуватися калібрами-скобами?
12. Який принцип роботи індикатора годинникового типу та індикаторної скоби?
13. Як побудовано токарний трикулачковий патрон?
14. Назвіть типи шпindelних упорів.
15. Яке призначення жорсткого шпindelної обертового, плаваючого та зрізаного центрів?
16. Які повідкові пристрої призначені для обертання заготовки, закріпленої у центрах?
17. Як контролюється встановлення різця відносно центра шпindelя?
18. Як правильно користуватися лімбом поперечних полозків супорта?
19. Як запобігти відтискуванню відрізного різця під час підрізування торця заготовки вала?
20. У чому полягає перевага методу відрізування зі зворотним обертанням шпindelя?
21. Як контролюють довжину уступів ступінчастого вала під час обточування?
22. Який принцип налагодження барабанного упора для обточування ступінчастого вала?
23. Чому під час обточування заготовки вала, закріпленої в центрах, виникає бочкоподібність поверхні? Як запобігти цьому?
24. Як контролюються розміри отворів?
25. Назвіть елементи спірального свердла.
26. Чому задня поверхня затилка робочого клина свердла має бути конічною? Як це здійснюється?
27. Як механізувати рух подачі свердла під час свердління на токарному верстаті?
28. Назвіть конструкції свердел для глибокого свердління.
29. У чому полягає суть раціональних підточувань свердел?
30. Як виконується операція розточування на токарному верстаті?
31. У чому полягає перевага розточувального різця Семинського?
32. Для чого застосовують зенкери та зенківки?
33. Назвіть типи центрових отворів на торцях заготовок валів.
34. Назвіть особливості геометрії розвертки.
35. З якою метою під час розвертування застосовують хитну самовисувну оправку?
36. Чому розвертку роблять з нерівномірним кроком між зубцями?

37. Які елементи має різьба?
38. Як контролюють зовнішню і внутрішню різьби?
39. Як відрізнити метричну різьбу від дюймової?
40. Як розшифровується позначення метричної різьби M12-6h?
41. Назвіть частини й елементи плашки, мітчика, різьбонарізних головок.
42. Назвіть деталі, що мають конічні поверхні.
43. Які елементи характерні для конічних поверхонь? Як їх контролюють?
44. Назвіть засоби оброблення зовнішніх конічних поверхонь.
45. Як здійснюється контроль фасонних поверхонь?
46. Як обробляють фасонні поверхні поєднанням двох подач і за копінгом?
47. Які копіювальні пристрої використовують для оброблення фасонних поверхонь?
48. Який принцип оброблення фасонних поверхонь за допомогою мірного штихмаса?
49. Як переточують призматичні та дискові фасонні різці?
50. У чому полягає суть методу пластичного деформування?
51. Які пристрої застосовують для накатування зовнішніх та розкатування внутрішніх поверхонь?
52. Для чого і в яких випадках наклепують поверхні деталей?
53. Як наклепують перехідні галтелі ступінчастих валів?
54. Що вам відомо про накатування рифлів та декоративне вібронакатування?
55. Які пристрої застосовують для накатування зовнішніх різьб та розкатування внутрішніх?

## ПІСЛЯМОВА

Верстатник широкого профілю відноситься до найбільш популярних інтегрованих професій металообробного напрямку. Вищевказана професія виникла у зв'язку з необхідністю оперативного виготовлення невеликих партій деталей різної складності для ремонту верстатів і механізмів. Верстатник широкого профілю обробляє деталі з металу і інших матеріалів на токарних, фрезерних, свердлувальних і шліфувальних верстатах.

Керуючись кресленням деталі, він визначає послідовність її виготовлення; підбирає необхідні для цього інструменти; використовує довідники і проводить необхідні розрахунки; вибирає режим різання; проводить наладку верстата; встановлює інструмент і заготівку; обробляє деталі; вивіряє за допомогою сучасної системи контролю розміри деталі і якість її обробки. Верстатник широкого профілю використовує ручні інструменти, механічне устаткування (токарні, свердлувальні, фрезерні, шліфувальні верстати) і вимірювальні прилади.

Робота здійснюється в закритому приміщенні при хорошому освітленні та нормальній температурі повітря. Робота верстатника двозмінна, режим вільний. Тривалість робочого дня – 8 годин, для неповнолітніх – 6. Робота верстатника кваліфікується як праця середньої важкості. Вона добре механізована, виконувати її можуть як чоловіки, так і жінки. Працює верстатник, в основному, стоячи.

Заробітна плата верстатника залежить від кваліфікації і складності виконуваної роботи. На підприємствах, крім цього, діє система матеріального заохочення: премії за виконання виробничих планів, за хорошу якість продукції, за раціоналізацію і винахідництво.

За вимогами кваліфікаційної характеристики робітник цієї професії:

– повинен знати: алгоритми металообробного процесу, професійно орієнтований матеріал, будову, кінематичні схеми, правила перевірки на точність та налагодження верстатів, які обслуговує; конструктивні особливості і правила застосування універсальних і спеціальних пристроїв; будову складного контрольно-вимірювального інструменту і приладів; геометрію, правила заточування, доведення, встановлення, маркування та основні властивості матеріалів різальної частини стандартного і спеціального різального інструменту; характеристику абразивного інструменту; правила визначення оптимальних режимів різання за довідниками і паспортом верстату, вимоги з електротехніки; правила перевірки шліфувальних кругів на міцність; квалітети і параметри шорсткості, технічне креслення;

– повинен уміти: обробляти деталі за допомогою сучасних систем контролю та вимірювання, оптимально організувати робоче місце, обробляти деталі на токарних та фрезерних верстатах за 7-10-м квалітетами точності, на свердлувальних верстатах за 6-9-м квалітетами точності та на шліфувальних верстатах із застосуванням охолоджувальної рідини за 7-8-м квалітетами точності із застосуванням різних різальних інструментів та універсальних пристроїв; нарізати різьби діаметром понад 42 мм на свердлильних верстатах; нарізати двозахідну зовнішню і внутрішню різьбу, різьбу трикутного, прямокутного, напівкруглого профілю, упорні та трапеціодні різьби на токарних верстатах; фрезерувати відкриті та напіввідкриті поверхні різних конфігурацій та сполучень, різьби, спіралі, зубці зубчастих коліс та рейок; шліфувати і нарізати рифлення на поверхні бочки валків на шліфувально-рифельних верстатах; установлювати великі деталі складної конфігурації, що вимагають комбінованого кріплення та точного вивіряння в різних площинах; налагоджувати верстати, що обслуговує; визначати послідовність переходів та виконувати необхідні технічні розрахунки, що пов'язані з обробкою деталей; читати робочі креслення деталей; користуватись технологічною документацією та паспортами верстатів.

Вкрай важливе формування у майбутнього кваліфікованого робітника з металообробних професій мотивації до професійного зростання за обраним фахом, культури праці та загальної культури особистості (грамотне використання навчальної та технічної документації, технологічна дисципліна, виробнича естетика, дбайливе ставлення до обладнання, устаткування, матеріалів, енергії, раціональна організація праці, висока самодисципліна, старанність, акуратність та багато ін. якостей).

Сучасний кваліфікований робітник – це фахівець з розвинутими інтелектуальними, технічними та психомоторними здатностями, самоорганізований, старанний, здатний: постійно вдосконалювати свій професійний рівень, до саморозвитку, до мобільності, змінювати сфери діяльності, розв'язувати нестандартні ситуації, що можуть трапитись на виробництві.

## ГЛОСАРІЙ

*Активна пожежна безпека* – заходи, що забезпечують успішну боротьбу з пожежами або вибухонебезпечною ситуацією.

*Багатоцільовий верстат* – металорізальний верстат, призначений для виконання декількох різних видів обробки різанням, оснащений ЧПК й автоматичною зміною інструмента.

*Безвідказність* верстата – це властивість безперервно зберігати працездатність упродовж деякого часу.

*Валами* називають стрижні, що працюють на кручення.

*Величина подачі (подача)* – це шлях переміщення різальної кромки інструмента в напрямку руху подачі за один оберт заготовки.

*Вимірювальними базами* називаються поверхні оброблюваної заготовки, від яких починається відлік розміру.

*Вимірювальні проектори* – це прилади, що відносяться до групи оптичних, засновані на використанні методу безконтактних вимірів.

*Виробничий процес* - це сукупність усіх дій, спрямованих на перетворення вихідної сировини у готовий виріб.

*Відхилення* – алгебраїчна різниця між розмірами дійсним (або граничним) і відповідним номінальним.

*Гігієна праці* – галузь гігієни, що вивчає вплив на організм людини трудових процесів і навколишнього виробничого середовища, розробляє гігієнічні нормативи і заходи для забезпечення сприятливих умов праці і попередження професійних хвороб.

*Гільза* – це порожнистий циліндр або стакан з особливо тонкими стінками.

*Глибина різання* – це товщина шару металу, що зрізується за один робочий хід (прохід) різця.

*Глибиною профілю різьби* називається піврізниця зовнішнього і внутрішнього діаметрів.

*Головна січна площини різання* – площина, яка перпендикулярна до площини різання й водночас проходить через лезо.

*Граничне відхилення* – алгебраїчна різниця між граничним і відповідним номінальним розмірами.

*Граничні розміри* – два гранично допустимі розміри елемента, між якими повинен знаходитися дійсний розмір.

*Деформація*, що зберігається тілом після зняття навантаження, називається пластичною або залишковою.

*Дійсний розмір* – розмір елемента, який встановлюють шляхом вимірювання.

*Довговічність* верстата – це властивість зберігати працездатність до виходу параметрів верстата за межі допустимих норм (настання граничного стану) за умови проведення встановленого технічного обслуговування і ремонту.

*Допоміжними базами* називаються поверхні, що їх обрано як встановлювальні, але які не поєднані з поверхнею деталі

*Допуск* – різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами, або алгебраїчна різниця між верхнім і нижнім відхиленнями.

*Допуском* називається алгебрична різниця між верхнім і нижнім допустимими відхиленнями виконавчих, тобто одержуваних після оброблення розмірів.

*Експлуатаційні заходи* – своєчасна профілактика, огляди, ремонти і випробування технологічного обладнання.

*Ексцентриковими деталями* називаються такі, в яких осі різних поверхонь зміщені, але водночас паралельні між собою.

*Ергономіка* – комплексна область знань про працю, утворена на базі психології праці, фізіології, екології, гігієни і технічної естетики.

*Жорсткість* – здатність конструкції витримувати навантаження, не змінюючи своїх форм і розмірів.

*Зона польової структури інструмента* – об'єм, у якому рухається інструмент. У цій зоні відбуваються процеси руйнування надлишкової маси заготовки та процеси торкання поверхні деталі вимірювальними інструментами.

*Заготовкою* називається предмет, з якого зміною форми, розмірів, властивостей поверхні та матеріалу отримують деталь.

*Зазор* – різниця розмірів отвору і вала до складання, якщо розмір отвору більший за розмір вала.

*Законодавча охорона праці* є сукупністю правових норм, що встановлюють систему заходів, безпосередньо направлених на забезпечення сприятливих безпечних умов праці.

*Зенкерування* – це збільшення діаметру раніше просвердленого отвору або створення додаткових поверхонь.

*Інженерна охорона праці* – комплексна наукова дисципліна, яка розробляє способи і засоби створення сприятливих для людського організму умов праці, повної безпеки, нешкідливості та комфортності при максимальній продуктивності та оптимальних витратах людської праці.

*Інженерна психологія* – наукова дисципліна, що вивчає об'єктивні закономірності процесу інформаційної взаємодії людини і техніки з метою використання їх у практиці проектування, створення й експлуатації системи людина-машина.

*Капітальний ремонт* – ремонт, що виконується для відновлення справності та повного або близького до повного відновлення ресурсу верстатів.

*Карусельні верстати з ЧПК* застосовують для обробки заготовок складних корпусів.

*Квалітети* – це сукупність допусків, що відповідає одному рівню точності для усіх номінальних розмірів.

*Коефіцієнт готовності* – ймовірність того, що верстати будуть працездатні в довільно виданий момент часу в проміжках між плановими

ремонтами, окрім планованих періодів, протягом яких застосування верстатів не передбачається.

*Коефіцієнт технічного використання* – відношення інтервалів часу перебування верстатів у працездатному стані на деякий період експлуатації до суми інтервалів часу перебування верстатів у працездатному стані, простоїв, зумовлених технічним обслуговуванням і ремонтів за той же період експлуатації.

*Коробка подач* – механізм, який передає обертання від шпинделя до ходового вала або ходового гвинта.

Коробкою швидкостей і коробкою передач називається відповідно привод з коробками зубчастих коліс, найбільш поширеним приводом головного руху і руху подач в металорізальних верстатах.

Косинцем називається шаблон кута, що служить для перевірки або викреслювання кутів на площині оброблюваного виробу.

*Крейцмейсель* – це слюсарний інструмент, подібний до зубила, але має вузьку або фасонну (канавочник) ріжучу частину.

*Кронциркуль* – це мірний інструмент, що використовується в слюсарній справі для зняття і перенесення розмірів деталі на масштаб.

*Кут профілю різьби* – це кут між бічними сторонами профілю, який вимірюють в осьовому перерізі.

*Маршрутна карта* – документ, в якому описано всі операції технологічного процесу виготовлення виробу в технологічній послідовності із зазначенням відповідних даних про обладнання, оснастку, а також матеріальні, трудові та інші нормативи.

*Металорізальним верстатом* називають технологічну машину, на якій шляхом зняття стружки із заготовки одержують деталь із заданими розмірами, формою, взаємним розташуванням і шорсткістю поверхонь.

*Метричною різьбою* називається різьба, кут профілю якої  $60^\circ$ .

*Міжремонтний період* – час роботи устаткування в годинах між двома плановими ремонтами, що виконуються послідовно.

*Міцність* – здатність конструкції витримувати певне навантаження, перевищення якого веде до її руйнування.

*Молоток* – це ударний інструмент, що складається з неметалевої або металевої головки, рукоятки та клину.

*Моментом сили* відносно точки в площині, утвореній вектором цієї ж сили і точкою, називається добуток абсолютної величини заданої сили на найкоротшу відстань між лінією її дії і вибраною точкою, взяту з відповідним арифметичним знаком.

*Накерненням* називається операція нанесення дрібних крапок-поглиблень на поверхню деталі.

*Направляюча частина свердла* – це частина, що знаходиться між шийкою і ріжучою частиною.



*Напруженням* називається комплексна величина, що враховує небезпеку настання руйнування від величини внутрішнього зусилля і площі поперечного перерізу.

*Нарізування різьби* – це утворення гвинтової поверхні на зовнішній або внутрішній циліндровій або конічній поверхнях деталі.

*Натяг* – аналогічна різниця зазору, якщо розмір вала більший від розміру отвору.

*Номінальний розмір* – розмір, відносно якого визначаються відхилення. Номінальні розміри вибирають у процесі конструювання на підставі розрахунків на міцність або за конструктивними міркуваннями і проставляють на кресленні деталі або з'єднанні деталей.

*Ноніус* – це ділення, нанесені на нижній частині повзуна штангенциркуля.

*Нульова лінія* – лінія, що відповідає номінальному розміру, від якої відкладають відхилення розмірів при графічному зображенні полів допусків і посадок.

*Обтилюванням* називають обробку поверхонь заготовок напилком для усунення нерівностей попередньої обробки і досягнення необхідної точності розмірів, форми і шорсткості поверхні.

*Операцією* називається завершена частина технологічного процесу, яку виконують на одному робочому місці.

*Операційна карта* – документ, в якому описано операції технологічного процесу виготовлення виробу із зазначенням переходів і режимів роботи.

*Організаційні заходи* – передбачають правильну експлуатацію машин і внутрішньозаводського транспорту, правильне утримання будівель, території, протипожежний інструктаж.

*Основна площина різання* – площина, в якій виконується рух подачі різця.

*Основне відхилення* – одне з двох граничних відхилень (верхнє чи нижнє), що визначає положення поля допуску відносно нульової лінії. У стандартній системі допусків є відхилення, ближче до нульової лінії.

*Основний вал* – вал, верхнє відхилення якого дорівнює нулю; отвір – термін, що умовно вживається для позначення внутрішніх (охоплюючих) елементів деталей, у тому числі нециліндричні елементи; основний отвір – отвір, нижнє відхилення якого дорівнює нулю.

*Основними слюсарними роботами* називаються операції по наданню деталям заданої кресленням форми, розмірів і стану поверхні.

*Охорона праці* – система законодавчих актів і відповідних їм соціально-економічних, технічних, гігієнічних і організаційних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатність людини в процесі праці.

*Патронні верстати з ЧПК* призначені для обточування, свердлення, розгортання, зенкерування, цекування, нарізання різьби мітчиками в осьових отворах деталей типу фланців, зубчатих коліс, кришок, шківів та ін.; можливе нарізання різцем внутрішньої і зовнішньої різьби за програмою.

*Патронно-центрові верстати з ЧПК* служать для зовнішньої і внутрішньої обробки різноманітних складних заготовок деталей типу тіл

обертання і володіють технологічними можливостями токарних центрових та патронних верстатів.

*Передня бабка* – чавунна коробка, всередині якої міститься головний робочий орган верстата – шпindel ь і коробка швидкостей.

*Перехідна посадка* – посадка, при якій можливі як зазор, так і натяг, залежно від дійсних розмірів елементів з'єднання (поля допусків отвору і вала перекриваються частково чи повністю).

*Пластичність* – здатність матеріалу при певних значеннях навантаження давати більше залишкової деформації без руйнування.

*Площина різання* – площина, що дотична до поверхні різання й водночас проходить через різальну кромку леза.

*Пожежна безпека* – стан об'єкта, при якому виключається можливість пожежі, а в разі її виникнення використовуються необхідні заходи по усуненню негативного впливу небезпечних факторів пожежі на людей, споруди і матеріальні цінності.

*Поле допуску* – поле, обмежене найбільшим і найменшим граничними розмірами і визначається допуском та його положенням відносно номінального розміру.

*Посадка з натягом* – посадка, при якій завжди забезпечується натяг у з'єднанні, тобто найбільший граничний розмір отвору менше найменшого граничного розміру вала чи дорівнює йому (поле допуску отвору розміщене під полем допуску вала).

*Посадка із зазором* – посадка, при якій завжди забезпечується зазор у з'єднанні, тобто найменший граничний розмір отвору більше найбільшого граничного розміру вала чи дорівнює йому (поле допуску отвору розміщено над полем допуску вала).

*Посадки в системі отвору* – посадки, в яких потрібні зазори й натяги утворюються з'єднанням різних полів допусків вала з полем допуску основного отвору.

*Приводом* називають комплекс механізмів із джерелом руху, призначений для приведення в дію виконавського органу верстата із заданими характеристиками швидкості і точності.

*Притиральна паста* – суміш окислу хрому кремнію, стеаринової кислоти, а також невеликої кількості жиру і машинного масла; виготовляється декількох сортів.

*Програмовані контролери* – пристрої управління електроавтоматикою верстата.

*Професійна підготовка* - це здобуття кваліфікації за відповідним напрямом підготовки або спеціальністю.

*Професія* – рід трудової діяльності людини, що володіє комплексом спеціальних теоретичних знань і практичних навиків, придбаних в результаті спеціальної підготовки, досвіду роботи.

*Процес різання* вивчає наука, що є частиною фізики твердих тіл і називається теорією різання.

*Процес різання металу* - це, по суті, сколювання і зсув частинок металу під дією сили, з якою передня поверхня різця вдавлюється у зрізуваний шар.

*Пружність* – здатність матеріалу відновлювати свою форму і розміри після зняття навантаження.

*Психологія праці* – наука, що вивчає психологічні аспекти і закономірності трудової діяльності людини в цілях підвищення його ефективності шляхом раціоналізації рухомих операцій, пристосування знарядь і машин до можливостей людини, поліпшення зовнішнього середовища на виробництві та професійного відбору.

*Режимні заходи* – заборона паління у невстановлених місцях, заборона зварювальних та інших вогневих робіт у пожежонебезпечних приміщеннях тощо.

*Ремонтний цикл* – час роботи устаткування в годинах від початку експлуатації до першого капітального ремонту, або між двома черговими капітальними ремонтами.

*Ріжуча частина* спірального свердла складається з двох ріжучих граней, сполучених третьою гранню – так званою поперечною перемичкою.

*Робочий хід* – закінчена частина технологічного переходу, що полягає в одноразовому переміщенні інструмента відносно заготовки.

*Робочим місцем* називається частина виробничої площі цеху, на якій розміщується один або кілька операторів-верстатників і обслуговувана ними одиниця технологічного обладнання (верстат), а також оснастка і (на певний час) предмети виробництва.

*Розгортка* – це багатолезовий ріжучий інструмент, використовуваний для остаточної обробки отворів з метою отримання отвору високого ступеня точності і з поверхнею незначної шорсткості.

*Розмір* – числове значення лінійної дійсної величини (діаметра, довжини та ін.) у вибраних одиницях.

*Розмітка* служить для нанесення на заготовку (поковку, відливку тощо) рисок (ліній), що вказують межі подальшої механічної обробки.

*Розмічальна база* – це конкретна крапка, вісь симетрії або плоскість, від якої відмірюються, як правило, всі розміри на деталі.

*Свердло* – це ріжучий інструмент, яким виконують циліндрові отвори.

*Середній ремонт* – ремонт, що виконується для відновлення справності і часткового відновлення ресурсу верстатів із заміною або відновленням складових частин обмеженої номенклатури і контролем технічного стану складових частин, виконується в обсязі, передбаченому нормативно-технічною документацією.

*Сила* – це інтенсивність направленої дії одних тіл на інші, що виникає тільки при накладанні зв'язку між тілами.

*Система забезпечення пожежної безпеки* – це сукупність сил і засобів, а також заходів правового, організаційного, економічного, соціального і науково-технічного характеру, спрямованих на боротьбу з пожежами.

*Система числового програмного керування (СЧПК)* – це сукупність спеціалізованих пристроїв, методів і засобів, необхідних для здійснення ЧПК верстатами.

*Соціальна психологія* – наукова дисципліна, що вивчає закономірності поведінки і діяльності людей, умовлені включенням у соціальні групи, а також психологічні характеристики самих цих груп.

*Стакан* – це порожнистий циліндр із суцільним дном або з дном, що має отвір.

*Станина* – це масивна чавунна основа, на якій змонтовано головні вузли верстата, що має верхню частину, дві плоскі та дві призматичні напрямні, по яких переміщуються супорт і задня бабка.

*Стійкість* – здатність конструкції зберігати під дією навантаження початкову форму пружної рівноваги.

*Стрічкою* називається вузький поясок уздовж гвинтової канавки, що плавно збігає до хвостовика.

*Супорт* – це пристрій для закріплення різця та забезпечення руху подачі, тобто переміщення різця у поздовжньому і поперечному напрямках.

*Твердість* – здатність матеріалу чинити опір проникненню в нього іншого тіла.

*Технічна діагностика* – комплекс заходів щодо оцінки стану верстатів без їх розбирання.

*Технічні заходи* – дотримання протипожежних правил і норм при проектуванні будівель, при пристрої електропроводів і устаткування, опалення, вентиляції, освітлення, правильне розміщення обладнання.

*Технологічний процес* – це послідовність виконання різноманітних видів обробки, спрямованих на перетворення заготовки в готову деталь або на складання виробу (предмета виробництва).

*Технологічним переходом* називається закінчена частина технологічної операції, для якої характерні постійність застосовуваного інструмента, оброблюваних поверхонь та режимів різання.

*Технологічними базами* називаються установлювальні та вимірювальні бази.

*Токарна обробка* - один із способів обробки матеріалів різанням.

*Токарно-гвинторізним або універсальним* називається токарний верстат, оснащений спеціальним пристроєм для нарізування різьби.

*Теорія тонкого торкання (ТОНТОР)* – теорія взаємодії польових структур об'єктів. Для металообробки – це теорія взаємодії польових структур деталі, різального інструмента, обладнання (верстата), перетворювачів та інших об'єктів механічної обробки.

*Універсальний штангенциркуль* – це мірний інструмент, що служить для внутрішніх і зовнішніх вимірів довжини, діаметра і глибини.

*Установлювальна база* – це поверхня, на якій заготовку закріплюють і орієнтують відносно різального інструмента.

*Установом* називається частина технологічної операції, яку виконують, не змінюючи закріплення оброблюваної заготовки.

*Фізіологія праці* – розділ фізіології, що вивчає закономірності протікання фізіологічних процесів й особливості їх регуляції при трудовій діяльності людини.

*Центрові верстати* з ЧПК служать для обробки заготовок деталей типу валів з прямолінійним і криволінійним контурами.

*Центрувальним свердлом* називають інструмент, який використовують для виконання центрових отворів у торцевих поверхнях валів.

*Циркуль* - це мірний інструмент, що служить для викреслювання кіл, кривих ліній або для послідовного перенесення положення точок на лінії при розмітці деталей.

*Числове програмне керування (ЧПК)* – це управління, при якому програму задають у вигляді записаного на якому-небудь носії масиву інформації.

*Шабрування* є остаточною операцією при обробці направляючих поверхонь підшипників, станин верстатів і машин.

Швидкість різання називається економічною, якщо собівартість виготовлення деталей буде мінімальною.

## Список використаної літератури

1. Анісімов М.В. Теоретико-методологічні основи прогнозування моделей у професійно-технічних навчальних закладах: [монографія] / М.В. Ананісов – Київ-Кіровоград: Поліграфічне підприємство «ПОЛІУМ», 2011. – 464с.
2. Аршинов В.А. Резание металлов и режущий інструмент: [3-е изд.] / В.А. Аршинов, В.Н. Алексеев — М.: Машиностроение, 1975. – 440 с.
3. Баранчиков В.И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: [справочник] / В.И. Баранчиков, А.В. Жариков, Н.Д. Юдина — М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
4. Бать М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах: [учеб. пособ. для вузов. в 2-х т.] [9-е изд., перераб] / М.И.Бать, Г.Ю.Джанелидзе, А.С. Кельзон — М.: Наука, 2007. – 670 с.
5. Беляев Н.М. Сопротивление материалов / Н. М. Беляев — М.: Наука, 1976. – 608 с.
6. Биргер И. А. Сопротивление материалов. / И.А. Биргер, Р.Р. Мавлютов — М.: Наука, 1986. – 560 с.
7. Бергер И.И. Токарное дело / И.И. Бергер — М.: Высш. школа, 1990. – 314 с.
8. Бруштейн Б.Е. Токарное дело: [учебник для проф.-техн. училищ] / Б.Е. Бруштейн, В.И. Дементьев – [изд. 6-е] — М.: Высш. школа, 1967. – 448 с.
9. Бруштейн Б. Е. Токарь по металлу / Б.Е. Бруштейн — М.: Оборонгиз, 1954. – 280 с.
10. Белецкий Д.Г. Справочник токаря-универсала / Д.Г. Белецкий — М.: Машиностроение, 1987. – 560 с.
11. Вайнтрауб М. А. Засоби контролю процесів механообробки надточних деталей : монографія / Г. С. Тимчик, В. І. Скицюк, М. А. Вайнтрауб, Т. Р. Ключко. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. – 516 с., іл. – Бібліогр. : с. 503 – 513.
12. Вайнтрауб М. А. Теорія і практика професійної підготовки майбутніх кваліфікованих робітників з обробки металу : монографія / М. Вайнтрауб. – вид. 2-ге, доповн. – К. : Т. Ключко, 2013. – 328 с.
13. Вайнтрауб М. А. Фізичні засади технології ТОНТОР : монографія / Г. С. Тимчик, В. І. Скицюк, Т. Р. Ключко. – К. : НТУУ «КПІ», 2010. – 352 с. – Бібліогр. : с. 342 – 349.
14. Вайнтрауб М. А. Чутники електромагнітного випромінювання для біотехнічних досліджень / Г. С. Тимчик, В. І. Скицюк, М. А. Вайнтрауб, Т. Р. Ключко. – К. : МП Леся, 2004. – 64 с.
15. Вайнтрауб М. А. Об'єднаний базовий елемент відчутника / В. І. Скицюк, М. А. Вайнтрауб // Вісник технологічного ун-ту «Поділля». – 2001. – № 5. – С. 164 – 172.
16. Варення Г.А. Теоретико-методологічні основи працезахоронної діяльності / Г.А. Варення. — К.: Раритет, 2003. – 216 с.

17. Вайнштейн Л.И. Меры безопасности при эксплуатации электрохозяйства потребителей — М.: Энергоатомиздат, 1977. — 176 с.
18. Гажаман В.І. Електробезпека на виробництві [навчальний посібник] / В.І. Гажаман — К.: 2002. — 272 с.
19. Гапонкин В.А. Обработка резанием. Metallорежущий инструмент и станки: [учеб. для средн. спец. учебн. завед. по машиностроит. спец.] / В.А. Гапонкин, Л.К. Лукашев, Т.Г. Суворова — М.: Машиностроение, 1990. — 448 с.
20. Гандзюк М.П. Основи охорони праці / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський. — К.: Каравела, 2003. — 408 с.
21. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбацевич — М.: Высш. школа, 1975. — 288 с.
22. Дубровский В. А. Пособие слесаря-ремонтника / В.А. Дубровский — М.: «Колос», 1973. — 239 с.
23. Денежный П.М. Токарное дело: [3-е изд.] / П.М. Денежный, Г.М. Стискин, И.Е. Тхор — М.: Высш. школа, 1979. — 199 с.
24. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация, сертификация: [2-е изд.] / Ю.В. Дюмин — Санкт-Петербург: Питер, 2003 — 432 с.
25. Захаров В.А. Токарное дело в картинках: [учебное пособие для профессиональных учебных заведений] — М.: Машиностроение, 1993. — 176 с.
26. Зубенко В. Л. Методические разработки к курсовому проектированию по металлорежущим станкам / В. Л. Зубенко, М. Я. Цлаф — Куйбышев: КПТИ, 1978. — 32 с.
27. Ключко М. М. Оцінка стану технологічного процесу виготовлення деталей динамічно настроюваних приладів : дис. ... канд. техн. наук : 05.11.14 / Ключко Михайло Маркович. — К., 2007. — 177 с.
28. Кочергин, А. И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: [учебное пособие для вузов] / А. И. Кочергин — Минск: Высш. школа, 1991. — 382 с.
29. Каминская В.В. Станины и корпусные детали металлорежущих станков (Расчет и конструирование) / В.В. Каминская, З.М. Левина, Д.Н. Решетов — М.: Машгиз, 1960. — 187 с.
30. Костин А.И. Специализированный ремонт металлорежущих станков / А.И. Костин, Д.И. Поляков — М.: Машиностроение, 1978. — 152 с.
31. Лакирев С.Г. Обработка отверстий: [справочник] / С.Г. Лакирев — М.: Машиностроение, 2004. — 208 с.4
32. Лисовой А.И. Устройство, наладка и эксплуатация металлообрабатывающих станков и автоматических линий / А.И. Лисовой — М.: Машиностроение. 1971. — 432 с.
33. Молодкин В. П. Справочник молодого токаря / В.П. Молодкин — М.: Моск. рабочий, 1978. — 160 с.
34. Марусина М.Я. Основы метрологии, стандартизации и сертификации: [учебное пособие] / М.Я. Марусина, В.Л. Ткалич, Е.А. Воронцов, Н.Д. Скалецкая — Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2009. — 164 с.
35. Нодельман М.Е. Справочник по слесарному и кузнечному делу. / М.Е.

Нодельман, Ю.М. Урамовский — Минск: Урожай, 1975. — 384 с.

36. Налчан А.Г. Металлорежущие станки / А.Г. Налчан — М.: Машгиз, 1956. — 664 с.

37. Орликов, М.Л. Металлорежущие станки: [курсовое и дипломное проектирование] / М.Л. Орликов, И.Г. Федоренко, В.Н. Шишкин. — К.: Высш. школа, 1987. — 152 с.

38. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев — К.: Наука, 1975. — 400 с.

39. Пожежна безпека. Нормативно-правові акти та інші документи т.т. 1-15. Протипожежні вимоги в галузі проектування та будівництва. — К.: ТОВ «Пожінформтехніка», 1997-2009 рр.

40. Піддубний В.В. Питання професійної гігієни праці в системі охорони праці / В.В. Піддубний, О.І. Стівбун — К.: Логос, 2004. — 195с.

41. Пуш В.Э. Металлорежущие станки: [учебник для машиностроительных вузов] / В. Э. Пуш — М.: Машиностроение, 1985. — 575 с.

42. Рубцов В.В. Анализ пожарной опасности и защиты технологического оборудования [учебное пособие] / В.В. Рубцов, В.П. Назаров, С.А. Горячев — М.: АГПС МЧС России, 2006. — 226 с.

43. Розин А. И. Слесарь-инструментальщик: [2-е изд.] / А.И. Розин — М.: Оборонгиз, 1959. — 248 с.

44. Решетов Д.Н. Точность металлорежущих станков / Д.Н. Решетов, В.Т. Портман — М.: Машиностроение, 1986. — 336 с.

45. Розман Я.Б. Устройство, наладка и эксплуатация электроприводов металлорежущих станков / Я.Б. Розман, Б.З. Брейтер — М.: Машиностроение, 1985. — 208 с.

46. Скицюк В. І. Технологія ТОНТОР / В. І.Скицюк, К. Г.Махмудов, Т. Р. Ключко. — К. : Техніка, 1993. — 80 с.

47. Стискін Г.М. Інструменти для механічної обробки матеріалів / Г.М. Стискін, М.П. Ревнівцев, М.М. Берізко, В.А. Мелещик — Л.: Оріяна-Нова, 2002. — 240 с.

48. Старичков В. С. Практикум по слесарным работам: [учеб. пособие для подготовки рабочих на производстве] / В.С. Старичков — [3-е изд.] — М.: Машиностроение, 1983. — 220 с.

49. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. — [4-е изд.]. — М.: Машиностроение, 1986. — Т. 1. — 656 с., Т. 2. — 496 с.

50. Сахаров Г.Н. Металлорежущие инструменты / Г.Н. Сахаров, О.Б. Арбузов, Ю.Л. Боровой — М.: Машиностроение, 1985. — 328 с.

51. Стискін Г.М. Технологічні основи програмування обробки деталей на верстатах з числовим програмним керуванням / Г.М. Стискін, М.П. Ревнівцев, М.М. Берізко, В.Д. Гаєвський, — Л.: Оріяна-Нова, 2002. — 208 с.

52. Стискин Г.М. Технологія токарної обробки / Г.М. Стискин, М.П. Ревнівцев, В.А. Мелещик — К.: Либідь, 1998. — 176 с.



53. Схиртладзе А.Г. Работа оператора на станках с программным управлением: [учеб. пособие для ПТУ] / А.Г. Схиртладзе — М.: Высш. школа, 1998. — 175 с.
54. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. — [4-е изд.] — М.: Машиностроение, 1985. — 656 с.
55. Стерин И.С. Слесарь-ремонтник металлорежущих станков / И.С. Стерин — Л.: Лениздат, 1980. — 288 с.
56. Сергеев А.Г. Метрология. Карманная энциклопедия студента: [учебное пособие для студентов высших и средних специальных учебных заведений] / А.Г. Сергеев, В.В. Крохин — М.: Логос, 2001. — 376 с.
57. Сергеев А.Г. Сертификация / А.Г. Сергеев, М.В. Латышев — М.: Логос, 2000. — 248с.
58. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: [учеб. для втузов] / С.М.Тарг. — М.: Высш. шк., 2008. — 415 с.
59. Татаринев Г. К., Справочник слесаря-сборщика / Г.К. Татаринев, Н.И. Санжаревский — Х.: Прапор, 1978. — 144 с.
60. Тепинкичиев В.К. Металлорежущие станки / В. К. Тепинкичиев. — М.: Машиностроение, 1973. — 472 с.
61. Таратынов Г.Г. Металлорежущие системы машиностроительных производств: [учебное пособие для студентов техн. вузов] / О. В. Таратынов, Г. Г. Земсков, И. М. Таратынова. — М.: Высш. школа, 1988. — 464 с.
62. Фесик С.П. Справочник по сопротивлению материалов: [2-е изд., перераб. и доп.] / С.П. Фесик — К.: Будівельник, 1982. — 280 с.
63. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев — М.: Наука, 1986. — 560 с.
64. Фещенко ВМ., Токарная обработка: [учеб. для ПТУ] / В.М. Фещенко, Р.Х. Махмутов — [3-е изд.] — М.: Высш. школа, 1997. — 303 с.
65. Шаповал М.І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації: [підручник] / М.І. Шаповал — [3-є вид] — К.: Європ. ун-ту, 2001. — 174 с.
66. Яблонский А.А. Курс теоретической механики: [13-е изд., исправ.] / А.А. Яблонский, В.М.Никифорова — М.: Интеграл-Пресс, 2009. — 603 с.
67. Яремко З.М. Охорона праці: [навч. посіб] / З.М. Ярема, С.В. Тимошук, О.І. Третьяк, Р.М. Ковтун — Л.: ЛНУ ім. І. Франка, 2010. — 70 с.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ТЕХНОЛОГІЯ ВЕРСТАТНИХ РОБІТ**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

За науковою редакцією М.А.Вайнтрауб  
Редактор Л. С. Гуменна

Підписано до друку 23.06.2015 р.  
Формат 60x84/16. Папір офсетний.  
Друк. арк.8. Обл.вид.8

Свідоцтво про внесення суб'єкта  
видавничої справи до державного реєстру  
видавців, виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції серія ДК